

Lukion fysiikan opiskelijoiden kokema kognitiivinen kuormitus Abitti-kokeissa

Helsingin yliopisto
Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta
Fysiikan laitos
Fysiikan aineenopettajalinja
Pro gradu -tutkielma

28.11.2019
Olli Rantanen

Ohjaaja: Ismo Koponen



Tiedekunta - Fakultet - Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen		Laitos - Institution - Department Fysiikan laitos	
Tekijä - Författare - Author Olli Rantanen			
Työn nimi - Arbetets titel Lukion fysiikan opiskelijoiden kokemaa kognitiivinen kuormitus Abitti-kokeissa			
Title The cognitive load experienced by high school students during Abitti e-Exams			
Oppiaine - Läroämne - Subject Fysiikan aineenopettaja			
Työn laji/ Ohjaaja - Arbetets art/Handledare - Level/Instructor Pro gradu -tutkielma / Ismo Koponen		Aika - Datum - Month and year Marraskuu 2019	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 85 s + 14 liites.
Tiivistelmä - Referat - Abstract <p>Lukion fysiikan kokeen tekeminen vaatii opiskelijalta monipuolisempia sisällöntuotannon taitoja kuin useimmat muut lukuvaiheet. Koevastauksiin tyypillisesti yhdistetään sanallista kirjoitusta, matemaattisten kaavojen symbolista johtamista, likiarvojen laskemista sekä tilannekuvapiirroksia. Kaikkia näitä on aiemmin voitu tuottaa yhdellä yhteisellä työkalulla eli lyijykynällä. Uusi opetussuunnitelma 2016 on kuitenkin muuttanut tämän, ja nykyään lukioiden kokeet sekä ylioppilaskokeet suoritetaan sähköisesti Abitti -koejärjestelmällä, jota käytetään USB-tikulle asennetun Digabi -käyttöjärjestelmän sisällä.</p> <p>Fysiikan kokeentekijän tulee nykyään hallita koneellisen kirjoittamisen lisäksi matemaattinen kirjoittaminen, numeerinen laskeminen, data-analyysi sekä digitaalinen kuvantuottaminen. Jokaista tarkoitusta varten kokelaan tulee itse valita joku Digabin tarjoamista ohjelmista. Valikoimaa on niin paljon, että opettajat keskittyvät useimmiten vain yhden tai kahden opettamiseen, mikä heijastuu usein opiskelijan omassa valinnassa. Digabin ohjelmille esitetään tässä opinnäytetyössä yleisiä käytettävyyden kriteerejä, joiden pohjalta on mahdollista tehdä arviointia hyödyllisyydestä.</p> <p>Ei enää riitä opiskella pelkästään koealueen aihesisältöä, vaan nykyään on opittava myös merkittävä määrä sisällöntuotto-ohjelmien tehokasta käyttöä. Tehokas ja asianmukainen Digabin ohjelmien käyttö mahdollistaa sen, että oman substanssiosaamisen saa esitettyä tarpeeksi hyvin ja nopeasti sähköisissä kokeissa. Kääntöpuolena on se, että kokeen tekemisen aikana opiskelijalla on riski suurempaan puhtaasti metodeista kumpuavaan kognitiiviseen kuormitukseen, joka voi pahimmillaan haitata kokeen suorittamista omaa osaamista vastaavalla tavalla.</p> <p>Ohjelmavalintoja voi ohjata pienimmän vastarinnan periaate, jolloin opiskelija näennäisesti valitsee itselleen matilimman oppimiskynnyksen ohjelman ymmärtämättä esimerkiksi toisten ohjelmien pikatoimintojen hyödyllisyyttä. Tämä korostuu erityisesti matemaattisessa tuottamisessa, missä vastakkain ovat kaavaeditorit ja ohjelmointisyntaksiin perustuvat ohjelmat.</p> <p>Tutkimusosio sisältää kyselyaineiston, joka on kerätty internetissä sijaitsevalta julkiselta keskustelufoorumilta. Tämä 52 vastaajan aineisto koostui opiskelijoista 43 eri lukiosta ympäri Suomea. Kyselyssä kartoitetaan monipuolisesti vastaajien subjektiivisia kokemuksia digitaalisesta työskentelystä ja koetusta kognitiivisesta kuormituksesta eri tyyppisten koetehtävien suhteen. Tätä aineistoa verrataan myös muihin referenssiaineistoihin.</p> <p>Vaikka primäärinen vastaajajoukko osoittautui olevan keskimääräistä harrastuneempaa tietoteknisten taitojen suhteen, vastauksien perusteella he kokivat suurempaa ja eri tavalla painottunutta kognitiivista kuormitusta Abitti -kokeissa kuin perinteisissä kokeissa. Digitaalinen kuvien tuottaminen erottuu kognitiivisesti kuormittavimpana tekijänä. Lukiolaisilla on hyvin vaihteleva osaamistaito grafiikkaohjelmien suhteen ja tämä korostuu tärkeimpänä jatkokehityksen kohteena lukiokoulutuksessa.</p>			
Avainsanat - Nyckelord Digabi, Abitti, Lukion fysiikka, käytettävyys, kognitiivinen kuormitus, huomion ohjaus			
Keywords Digabi, Abitti, e-Exam, High school physics, usability, cognitive load, attention guiding			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited Physicum -kirjasto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information			

Sisällys

1 JOHDANTO.....	1
2 DIGABI -KÄYTTÖJÄRJESTELMÄ JA ABITTI -KOKEET.....	2
2.1 Opetussuunnitelman 2016 sähköinen murros.....	2
2.1.1 Digitalisaation kokonaisvaltaisuus.....	2
2.1.2 Z -sukupolvi uudistusten kohteena.....	3
2.1.3 Digiopetuksen tavoitteita peruskoulussa ja lukiossa.....	4
2.1.4 Siirtymä sähköiseen ylioppilaskokeeseen.....	8
2.2 Digabi -käyttöjärjestelmän yleiskatsaus.....	10
2.2.1 Ohjelmat.....	10
2.2.2 Matemaattinen kirjoittaminen.....	12
2.2.3 Piirtämisen mahdollisuuksia ja ongelmia.....	17
2.2.4 Data-analyysiohjelmat.....	21
2.3 Abitti -kokeiden järjestäminen.....	22
3 KOGNITIOTEOREETTINEN VIITEKEHYS.....	25
3.1 Pienimmän vastarinnan periaate.....	25
3.2 Kognitiivinen kuormitus.....	27
3.2.1 Ero stressin ja kognitiivisen kuormituksen välillä.....	27
3.2.2 Kognitiivisen kuormituksen lähteet.....	28
3.2.3 Huomion ohjaus visuaalisella suunnittelulla.....	29
3.3 Käytettävyydestutkimus.....	32
3.3.1 Käytettävyyden arviointikriteerit.....	33
3.3.2 Käytettävyyden elinkaari.....	34
3.3.3 Käytettävyydestavoitteita Digabi -käyttöjärjestelmälle.....	36
3.4 Sähköisen kirjoittamisen kognitiivinen prosessi.....	37

4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA -MENETELMÄT.....	41
4.1 Tutkimuskysymykset.....	41
4.2 Pitkittäinen ja leveyssuuntainen kyselyaineisto.....	42
4.2.1 Data-aineisto 2018.....	42
4.2.2 Data-aineisto 2019.....	43
4.3 Vastaajajoukkojen korrelaatioanalyysi.....	44
5 VASTAUSAINEISTO JA ANALYYSI.....	45
5.1 Kyselyaineiston peruspiirteet.....	45
5.1.1 Osio 1: Vastaajaryhmän yleiset tiedot.....	45
5.1.2 Luotettavuus.....	47
5.2 Vastaukset.....	48
5.2.1 Osio 2A: Digabi -kokemukset.....	48
5.2.2 Osio 2B: Digabi -ohjelmistovalinnat.....	49
5.2.3 Osio 2B: MAOL -taulukot.....	54
5.2.4 Osio 2C: Keskittyminen digitaalisessa työskentelyssä.....	55
5.2.5 Osio 3: Abitti -kokemukset.....	56
5.2.6 Osio 3A: Abitti-kokeiden sanalliset tehtävät.....	57
5.2.7 Osio 3B: Abitti-kokeiden laskutehtävät.....	59
5.2.8 Osio 3C: Abitti-kokeiden aineistotehtävät.....	61
5.2.9 Osio 3D: Yhteenveto Abitti-kokeiden kuormituksesta.....	62
5.2.10 Osio 4: Abitti-kokeiden subjektiivinen laatuarviointi.....	65
5.3 Kokemukset fysiikan sähköisistä ylioppilaskokeista.....	66
5.4 Korrelaatiohavainnot.....	67
5.5 Muut vapaamuotoiset palautteet.....	69
5.6 Vertaisarviointia muihin kyselytutkimuksiin.....	72
5.6.1 Kuvien tuottaminen sähköisesti biologian kokeissa.....	72

5.6.2 Apupiiirrosten tuottaminen sähköisesti ja niiden kognitiivinen kuoritus.....	74
5.6.3 Matemaattisten kaavojen tuottaminen sähköisesti.....	74
5.6.4 Käytettävyyden tekniset rajoitteet lukio-opiskelussa ja sähköisessä kokeentekemisessä.....	75
6 YHTEENVETO.....	77
6.1 Havaitut johtopäätökset.....	77
6.2 Havaintojen syiden pohdintaa.....	78
6.3 Parannusehdotuksia sähköiseen opettamiseen.....	79
6.4 Jatkotutkimuksen kohteita.....	80
LÄHTEET.....	82
KUVALÄHTEET.....	85
LIITTEET.....	86

1 Johdanto

Matemaattiset aineet ajoitettiin hyvästä syystä viimeisiksi sähköistettäviksi ylioppilaskokeiksi. Niiden aihe sisältö edellyttää muita oppiaineita monimutkaisempia sisällöntuotannon menetelmiä ja siten taitoa käyttää useampia digiohjelmia. Suurempi määrä puhdasta metodioppimista vaati sen, että siirtymäaikaa pidennettiin, kunnes sähköisten ylioppilaskokeiden keskiössä oleva Digabi -käyttöjärjestelmä alkoi olla tarpeeksi kypsä matemaattisille aineille.

Opetussuunnitelma 2016 herätti jo etukäteen valtavan mediahuomion ja koko koululaitoksen on painunut muutoksen kourissa. Paljon on ollut ilmassa myös suoranaista disinformaatiota. Monet vanhat perinteet ovat silti tallella ja esimerkiksi opiskelijoiden on edelleen mahdollista opiskella käyttäen fyysistä oppikirjaa ja laskea erillisellä fyysisellä laskimella.

Motivaatio tämän opinnäytteen aiheeseen syntyi merkittävistä opiskelumetodeihin liittyvistä muutoksista, jotka opetussuunnitelma 2016 sanelee lukiolaisille. Ensimmäistä kertaa kansallisten opetussuunnitelmien historiassa jokaisen koulutusasteen opiskelumetodeihin otetaan eksplisiittisesti kantaa. Muutos on siten merkittävä opiskelijoiden lisäksi myös opettajille.

Tässä työssä käymme ensin läpi syitä opetuksen digitalisaatioon, esitämme Digabi-käyttöjärjestelmän toimimisen periaatteen ja käymme läpi sen ohjelmavaihtoehdon. Kerromme Abitti -kokeiden järjestämisestä ja tutkimme, minkälaisia alustavia valmiuksia lukioilla oli siirtyä uuteen sähköiseen kokeentekemiseen. Seuraavaksi avaamme kognitiivisen kuormituksen käsitteen ja erittelemme sen luontaisia piirteitä sekä lähteitä. Esittelemme myös pienimmän vastarinnan periaatteen teoriapohjan ja mitä se tarkoittaa käytettävyytstutkimuksessa. Tutkimuskysymykset, -menetelmät ja -tavoitteet avataan tarkemmin luvussa 4. Lopuksi käymme nettiin tehdyn kyselylomakkeen läpi ja muodostamme läpileikkauksen siitä, millaista kognitiivista kuormitusta suomalaiset lukiolaiset keskimäärin kokevat suorittaessaan fysiikan sähköistä koetta.

2 Digabi -käyttäjärjestelmä ja Abitti -kokeet

2.1 Opetussuunnitelman 2016 sähköinen murros

2.1.1 Digitalisaation kokonaisvaltaisuus

Tietotekniikka on vyörynyt sellaisille alueille, missä sitä ei ole aiemmin koettu tarvittavan. Sekä julkisella että yksityisellä puolella organisaation sähköposti on keskeinen kommunikaatioväline. Sähköisillä toimistotyökaluilla (esim. MS Office, Libre Office) on korvattu suuri määrä aiempaa paperityöskentelyä. Internet vastaavasti on mahdollistanut desentralisoidun työskentelytavan, missä monia työtehtäviä voi suorittaa etänä pitkien matkojen päässä.

Erinäiset tietokannat ja toiminnanohjausjärjestelmät ulottuvat myös perinteisiin matalan koulutustason työpaikkoihin, kuten tehtaisiin ja varastoihin. Älykkäät mekaaniset laitteet korvaavat entisiä käsitöitä, mutta näitäkin laitteita täytyy jonkun ihmisen käyttää ja huoltaa. Täysin tekniikkalukutaidottomana ei enää pärjää. Nopeasti kehittynyt ja levinnyt viestintäteknologia on aiheuttanut muutospaineita. Opetussuunnitelmassa 2016 on korvattu aiempi viestinnän ja mediaosaamisen aiheisältö isommalla ja kattavammalla monilukutaidolla. Opiskelijoiden tulee oppia tekstien, kuvien ja videoiden tulkintaa, tuottamista ja arvioimista (Tuulosniemi, 2019). Elinkeinoelämää ja korkeakouluja kiinnostaa tietää, millä tavalla uuden opetussuunnitelman perusteella opiskelleiden opiskelijoiden it-taidot muuttuvat, ja minkälaista pohjaosaamista on odotettavissa esimerkiksi yliopilaiksi valmistuneilta. Tätä varten tehdään edelleen kartoitustutkimuksia (Pakkanen, 2016). Elinikäinen oppiminen nähdään tulevaisuuden tavoitteena.

Samaan aikaan kuitenkin viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet maailmanlaajuisesta kiinnostuksen laskua STEM -aiheisiin¹ tutkintoihin. Tämä näkyy erityisesti korkeakoulutukseen hakijoiden määrässä. Työmarkkinoilla STEM -aiheinen tutkinto on silti edelleen hyödyllinen ja erityisesti IT-ala tarvitsee lisää työntekijöitä (Georgieva, Gueorguiev, Kadirova, Evstatiev, & Mihailov, 2018).

1 STEM = Science, technology, engineering, mathematics

ECM 2017 -tutkimuksessa² kysyttiin 3000:lta kommunikoinnin ammattilaiselta käsitystä siitä, millaisena he näkevät organisaatioiden strategisen viestinnän tulevaisuuden. Selvä enemmistö (86 %) koki, että heidän organisaatiossaan käytetään visuaalisia kommunikaatiotapoja enemmän kuin 3 vuotta ennen kyselyn ajankohtaa. Vaadittuna työaitona on useammin kyky luoda tilastotietoa ja dataa kuvaavia infograafeja (Tuulosniemi, 2019).

OPS2016 painottaa opiskelijoiden ajattelun ja tiedon käsittelyn taitoja. Graafisen esittämistapaan ohjataan digitaalisilla opiskelun ja opettamisen välineillä. Opiskelijat sekä peruskoulussa että lukiossa tutustuvat aiempaa useampaan tekstiä, dataa ja kuvia käsittelevään ohjelmaan. Ohjelmavalikoima ja vaadittava osaamistaso korostuvat lukiolaisten sähköiseen kokeentekemiseen tarkoitetussa Digabi -käyttöjärjestelmässä. Ohjelmoinnin alkeisiin perehdyttäminen on myös keskeinen tavoite. Sana ”ohjelmointi” kuulostaa monista ihmisistä vieraalta, älyllisesti vaativalta ja hieman pelottavalta. OPS2016:sen tärkeänä tavoitteena onkin poistaa ”ohjelmointi” -sanasta ennakkokäsitteitä. Jo peruskoulussa opetetaan yleistä algoritmista ajattelua ja Python -perusteita. Tarkoitus ei ole tehdä kaikista tietotekniikan asiantuntijoita, vaan totuttaa nuoret opiskelijat tietotekniikan kaikkiallisuuteen ja alentaa kynnystä oppia uusia ohjelmia ja järjestelmiä tulevaisuuden työpaikoissa (Pakkanen, 2016).

Tärkeä osa koulutuksen digitalisaatiota on tehdä opiskelijoista itsenäisiä digitaalisia tuottajia. Ei riitä siis passiivisesti lukea, katsoa ja kokea digitaalista materiaalia, vaan sitä pitää osata arvioida, tiivistää ja lopuksi syntetisoida. Oma digitaalinen tekeminen on ratkaisevin vaihe osaamisen mitta-asteikolla (Sørensen & Levinsen, 2015).

2.1.2 Z -sukupolvi uudistusten kohteena

Niin kutsutusta Z-sukupolvesta, eli milleniaalien jälkeisestä sukupolvesta, käytetään usein mediassa nimitystä diginatiivit. Tämä laajalle levinnyt termi antaa valitettavasti hyvin harhaanjohtavan kuvan kyseisen sukupolven todellisesti tietoteknisestä osaamisesta. Diginatiivit ovat kyllä käyttäneet digilaitteita koko elä-

2 European Communication Monitor 2017: <http://www.communicationmonitor.eu/2017>

mänsä, mutta käyttö on hyvin saturoitunutta viihteen puolelle (Sormunen & Lavonen, 2012).

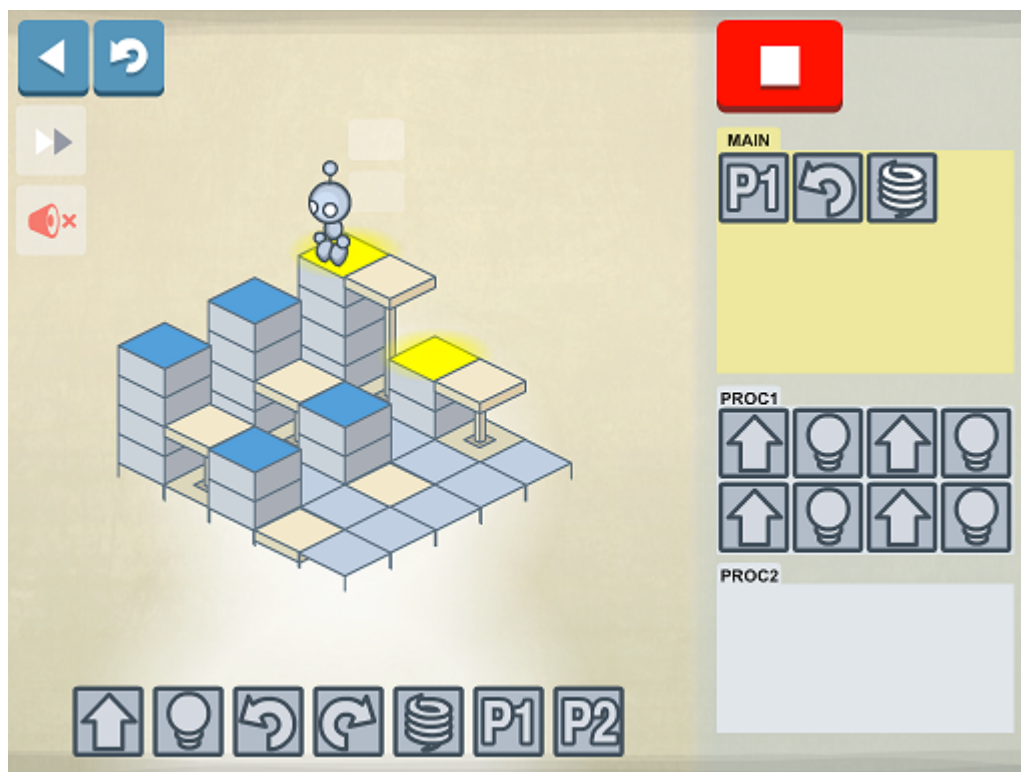
2000-luvulla syntyneellä sukupolvella on mittava digitaalisten laitteiden kirjo käytettävissä. Laitteiden käytössä on silti tapahtunut uudenlainen polarisoituminen, sillä sukupolvitutkimukset ovat osoittaneet, että mobiililaitteiden (älypuhelimet ja taulutietokoneet) osuus nuorten eniten käytettävänä digilaitteena on kasvanut merkittävästi. Optimistisesti ajatellen älypuhelimet voisivat olla portti tietotekniseen työskentelyyn. Ne voisivat toimia relevanttina linkkinä vapaa-ajan ja koulutyöskentelyn välillä (Sormunen & Lavonen, 2012). Osoittautuu kuitenkin, että kuuluminen diginatiivien sukupolveen ei automaattisesti tuo mukanaan ylivertaisia tv-taitoja tai syvempää ymmärrystä tietotekniikasta tai ohjelmoinnista. Mobiililaitteiden käyttöjärjestelmät (IOS, Android jne.) ovat hyvin pitkälle abstrahoituja, eikä niiden käyttäminen lisää perinteisten tietokoneiden käyttöjärjestelmien osaamista tai ymmärtämistä. Graafisen kosketuspohjaisen käyttöliittymän yksinkertaistavat elementit kätkevät tehokkaasti pinnan alla tapahtuvat prosessit ja rakenteet (Sormunen & Lavonen, 2012).

Harhaanjohtavilla sukupolvikäsityksillä on väistämättä seurauksia. Paukun tekemässä kyselytutkimuksessa osa kyselyryhmän lukiolaisista koki, että heidän oletettiin osaavan käyttää kaikkia digilaitteita ja -ohjelmia natiivisti. Joillakin opettajilla oli toisin sanoen harha todellisista sukupolvitaidoista, jolloin opetuksessa on jätetty olennaisia digitaalisen työstimisen vaiheita purkamatta (Pauku, 2018).

2.1.3 Digiopetuksen tavoitteita peruskoulussa ja lukiossa

Uudessa opetussuunnitelmassa (OPH2016) yritetään tuoda tv-taitoja systemaattisesti jo perusopetuksessa. Ensimmäisen kahden vuosiluokan tavoitteissa sanotaan, että oppilaat tulee tutustuttaa arjen teknologiaan ja sen merkitykseen, teknisten laitteiden turvalliseen käyttöön, TVT-käsitteistöön sekä tiedonhakuun. Lisäksi oppilaille opetetaan monilukutaitoa, tekstin käsittelyä ja tuottamista sekä autetaan hyödyntämään koulun ulkopuolelta saatuja digitaitoja. Ohjelmointi ja

pelillisuus mainitaan, joskin ohjelmoinnilla tarkoitetaan enemmänkin algoritmisen ajattelun kehittämistä (Huttunen, 2017).



Kuva 1. Lightbot -opetusohjelma opettaa algoritmista ajattelua.[1]

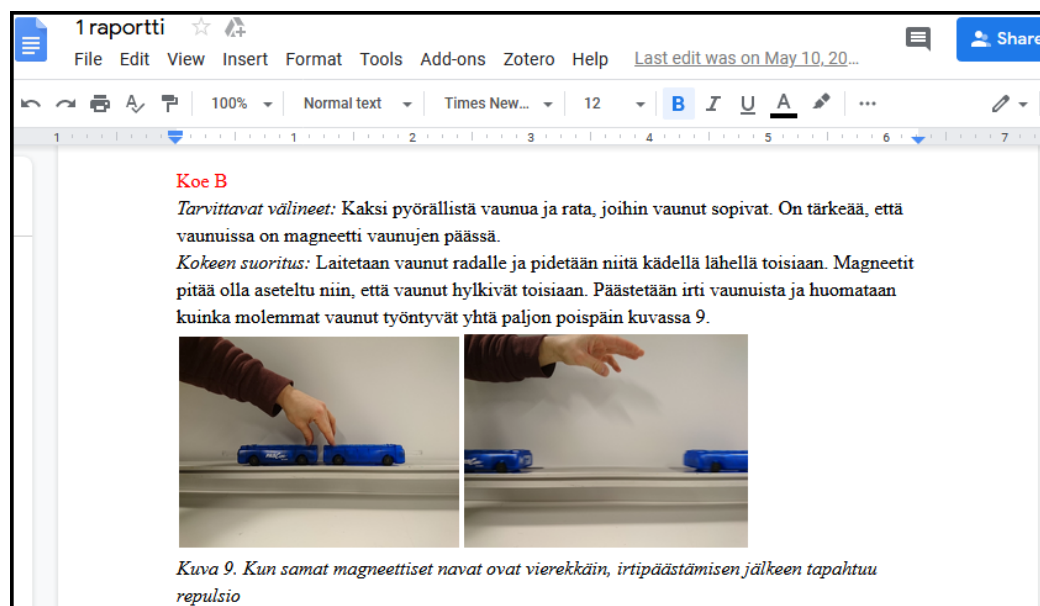
Yläkoulussa ja lukiossa mukaan otetaan myös teknologisen monimuotoisuuden ymmärtäminen, teknologian merkitys yhteiskunnassa, tiedostojen jakaminen ja organisointi, tietoturvariskien välttäminen ja yhteisöllisten palveluiden käyttäminen. Lukiossa korostuvat erilaiset digitaaliset oppimisympäristöt, oppimateriaalit ja työvälineet. Tietoa tulee ymmärtää, arvioida kriittisesti ja käyttää oikealla tavalla lähteenä (Huttunen, 2017). Toisin kuin peruskoulussa, lukion opetussuunnitelman perusteissa ei mainita arviointikriteereissä tv-t -osaamista³. Sen sijaan arvioinnissa korostetaan edelleen fyysikaalisten ilmiöiden tarkastelua ja arviointia, kokeellista tutkimista, ennusteiden tekemistä ja luonnontieteellisen tiedon lähdekritiikkiä.

Koulujen uudistuminen digiaikaan ja sähköisiin ylioppilaskokeisiin vaihtelee koulittain ja riippuu vahvasti johtokuntien oma-aloitteisuudesta ja budjetoinnista.

3 Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015: <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/lukio/1372910/oppiaine/1374562>

Yhtenäistä uudistumisstrategiaa tai visiota ei kaikissa kouluissa ole, sillä uusi opetussuunnitelma on uudistumiskeinojen suhteen vapaasti muotoiltu (Ilomäki & Lakkala, 2011). Koulun tvt -infrastruktuurin tulee olla kattava ja kaikkiin opetuskäyttötarkoituksiin kelpaava. Ensisijainen haaste on luonnollisesti tarkoituksenmukainen laitteiston sekä ohjelmiston hankinta ja niiden toimivuus. Arkipäiväistä jouhevaa toimintaa varten tarvitaan myös kunnollinen teknis-pedagoginen tukiverkko (ts. palkattuja atk -tukihenkilöitä) (Huttunen, 2017).

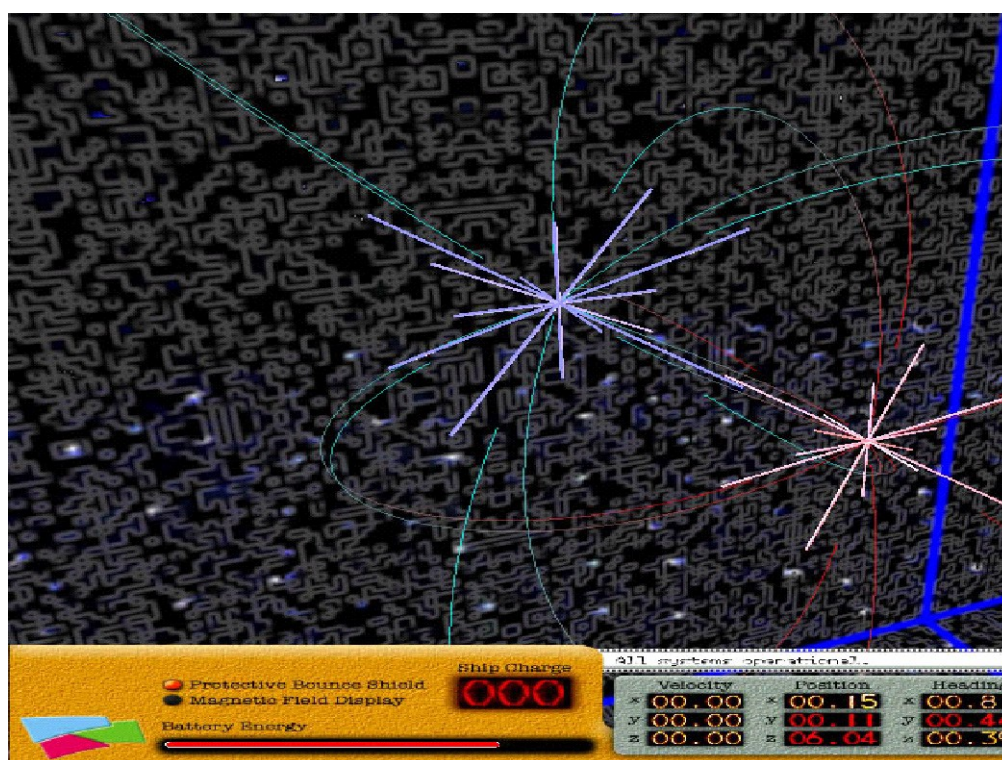
Matematiikan opettajilla oli sähköistymisestä se huoli, että ohjelmistot poistavat laskujen välivaiheiden merkityksen opiskelijoiden näkökulmasta. Matemaattisen ymmärtämisen ja perusosaamisen laskusta oltiin huolissaan. Myös päinvastaiselle näkemykselle oli kannatusta. Osa opettajista koki, että on vain hyvä, ettei mekaanisiin ja epäolennaisiin välivaiheisiin käytetä niin paljon aikaa, sillä silloin voi keskittyä matemaattisen ongelmaratkaisun kannalta olennaiseen ajatustyöhön (Salmi, 2015).



Kuva 2. Google Docs on todettu opetuskäytössä toimivaksi alustaksi. Sen kollaboratiivinen rakenne helpottaa jopa samanaikaista ryhmätyöskentelyä.

Ehkäpä kiistattomin etu opetuksen sähköistymisestä on kokonaan uudenlainen digimateriaalin interaktiivisuus. Opeteltavassa digimateriaalissa sekä jossain määrin myös sähköisissä kokeissa voi käyttää opeteltavaan aiheeseen liittyviä animaatioita tai interaktiivisia opetusohjelmia. Esimerkiksi fysiikan sähköopin

puolella suosiota on saanut "Supercharged!" -niminen opetuspele⁴, jossa pelaaja ohjaa varattua partikkelia 3d-maailmassa, jossa on visuaalisesti indikoitu eri sähkö- ja magneettikenttiä. Opiskelija kokee tällöin kenttien aiheuttaman voiman suuruuden ja suunnan tavalla, joka on vähemmän abstrakti kuin pelkkä laskukaavasta saatava tulos (Anderson & Barnett, 2013). Käyttäjän syötteen saa osaksi ilmiön syy-seuraussuhdetta, jolloin on mahdollista tehdä oma-aloitteinen johtopäätös mahdollisesta lainalaisuudesta (Wang, Wu, Chien, Hwang, & Hsu, 2015).



Kuva 3. Supercharged! -pelin näkymä. [2]

Tvt- oppimisen eräs suurimmista riskeistä on se, että vaikka oppilaat olisivatkin lähtökohtaisesti kiinnostuneita tietotekniikan käytöstä tunnilla, innostus saattaa ensisijaisesti kohdistua elektroniseen viihteeseen (Anderson & Barnett, 2013). Digabi -käyttöjärjestelmässä tämä ei aiheuta ongelmia, sillä se on suunniteltu suljetuksi järjestelmäksi, missä omia ohjelmia ei voi asentaa, eikä nettiyhteyttä saa muodostettua ilman opettajan käyttämän palvelimen lupaa. Myös pääsy omalle kiintolevyllä on rajoitettu. Tyypillisesti kuitenkin opiskelijat käyttävät omaa käyttöjärjestelmää tuntien aikana ja Digabi avataan kurssikokeita varten.

4 MIT:n Supercharged! -projekti: <http://web.mit.edu/mitesstep/projects/supercharged.html>

2.1.4 Siirtymä sähköiseen ylioppilaskokeeseen

Sähköinen kokeentekeminen on edennyt eri maissa eri tahtia. Fluckin tekemässä tutkimuksessa havaittiin jonkin verran sähköisten kokeiden yhteistyötä koulujen ja yliopistojen välillä, mutta enimmäkseen tämä yhteistyö on ollut olematonta. Suurin hidastava tekijä kaikissa maissa on ollut opiskelijoiden totuttaminen sähköiseen kokeentekemiseen (Fluck, 2019).

Yksi alkuperäisistä kokeiden sähköistämisen tavoitteista oli opettajien työtaakan keventäminen. Tämä onnistuu kuitenkin vain osittain. Monivalintatehtävistä saa kyllä automaattisesti pisteytyksen, mutta esimerkiksi fysiikan sähköisten kokeiden korjaaminen on usein jopa vaivalloisempaa kuin suora paperilta korjaaminen. Tämä johtuu ensisijaisesti Abitin puutteellisista työkaluista, jotka eivät salli suoraa vapaamuotoista kommentointia kuvapitoisissa tehtävissä, vaan vaatii ensin koko vastauksen muuttamista pdf:ksi ja sen jälkeen erillisen pdf-editorin kommentointi&piirto-ominaisuuksia. Lisäksi tämä korjattu ja kommentoitu pdf pitää siirtää takaisin opiskelijalle nähtäväksi liitteeksi.

Sähköisessä kokeentekemisessä olisi potentiaalia suurempaan dynaamisuuteen. Jo nyt esim. Moodle -koejärjestelmä pystyy arpomaan kysymykset siten, jokaisella opiskelijalla on oma kysymyskokoelma. Olisi kuitenkin teknisesti mahdollista luoda myös sellainen aidosti dynaaminen koejärjestelmä, että sen kysymysten vaikeus muuttuu opiskelijan vastausten perusteella. Vaikka luonnollisesti tämän heikkous on yhteismitattomuus arvosanaskaalassa, olisi tällä järjestelmällä silti iso potentiaali motivoida heikommin pärjääviä opiskelijoita yrittämään tosissaan kokeen loppuun asti (Fluck, 2019).

Eräs ulkomailla koettu ongelma (esim. Iso-Britannia, Puola) on ollut sähköisten kokeiden aikana tapahtuva huijaaminen sekä sen laajuus. Huijausta vastaan kehitetään kuitenkin koko ajan lisää valvontajärjestelmiä (Fluck, 2019). Suomessa ylioppilastutkintolautakunta järjesti ”Hackabi” -nimisen hakkerointikilpailun vuonna 2013, missä kilpailijoiden piti löytää Digabin esiversiosta haavoittuvuuksia. Ensimmäiselle sijalle päätnyt kilpailija löysi Digabin esiversiosta peräti

17 haavoittuvuutta, joita myöhemmät versiot ovat paikkailleet. Hackabi -kilpailu on järjestetty sen jälkeen uudestaan vuonna 2017 sekä 2018, joissa on kerätty lisää ideoita Digabin käytettävyyttä ja toiminnallisuutta varten⁵.

Ylioppilastutkinto ja siihen valmistautuminen ohjaa vahvasti lukio-opetusta. Tämä on perinteisesti näkynyt siten, että YO-kokeita aktiivisesti seuraavat ja tilastointia tekevät aineenopettajat luovat oman opetukseensa selkeitä fokuksipisteitä, jotka pitäisi auttaa kokeilaita tavanomaisimpien tehtävien kanssa. Kokeen tekemisen sähköistymisen yhtäkkisyys on heikentänyt aineenopettajien mahdollisuuksia reagoida. Tällä hetkellä on olennaista tutkia, onko lukiokoulutus antanut kokeilaille tarpeeksi hyvät valmiudet tuottaa sähköisissä kokeissa tarkoituksenmukaisia ja monesta elementistä koostuvia vastauksia tarpeeksi nopeassa aikataulussa (Tuulosniemi, 2019). Kokemus osaamisesta on kokelaan oma subjektiivinen käsitys, joten tätä kokemusta voi kartoittaa kyselytutkimuksilla.

Kokelaiden digitaalisen työskentelyn valmiutta voidaan sanoa määrittävän kolme eri päätekijää:

- 1) Lukiosta saatava opetus digitaaliseen työstämiseen
- 2) Koulun ulkopuolelta hankitut taidot
- 3) Käytettävien ohjelmien tekniset rajoitteet

Sähköisen vastaamisen valmiuden kehittyminen vähentää kokeen suorittamisen aikana olevaa kognitiivista kuormitusta (ks. luku 3.2). Oppilaan oikeusturvan kannalta on ongelmallista, jos hän ei pysty osoittamaan täyttä substanssiosaamistaan puutteellisten tv-taitojen takia. Optimaalisinta olisi, että digitaalinen työympäristö ei rajoittaisi koevastausten perusteellisuutta ja ymmärrettävyyttä. Ylioppilaskokeiden tehtävänlaadinnan tulee aina ensisijaisesti mitata aiheosaamista, eikä sekundäärisiä tietotekniikan taitoja.

5 Hackabi -kilpailusta on lisätietoa osoitteessa <https://hackabi.org/>

2.2 Digabi -käyttöjärjestelmän yleiskatsaus

Digabi -käyttöjärjestelmä on Linux -ydintä käyttävä käyttöjärjestelmä, joka on räätälöity sähköistä kokeentekemistä varten. Se on saatavissa suoraan ylioppi-lastutkintolautakunnalta⁶ ja se on suunniteltu identtiseksi kaikille kokelaille kokeentekohetkellä. Digabi -käyttöjärjestelmä koostuu joukosta valmiiksi asennettuja ohjelmia, joita käsittelemme luvussa 2.2.1. USB-tikulle asennus sisältää kaiken lisäksi usean rinnakkaisen version Digabista, jotka kaikki on nimetty latinalaisilla nimillä (useat viittaavat myös alkuaineisiin). Kirjoitushetkellä kolme uusinta versiota (Barium, Holmium ja Helium) käyttävät ensimmäistä kertaa Linux -ytimen viidennettä sukupolvea⁷, mikä auttaa merkittävästi ajuri- ja muita yhteensopivuusongelmia.

Yleinen ihanne isojen digitaalisten järjestelmien suunnittelussa on ollut pedagogisen lähestymiskulman neutraalius. Käytännössä se tarkoittaa isojen oppimisalustojen (esim. Moodle) muokattavuutta ja modulaarisuutta (Laanpere, Pata, Normak, & Poldoja, 2014). Voisi väittää, että Abitti oli etenkin ennen integroidun kaavakokoelmapalkin ilmestymistä hyvin neutraali ja modulaarinen.

Fysiikan Abitti -kokeisiin vastaaminen on väistämättä multimodaalista maattisen kirjoittamisen ja kuvien tuottamisen takia. Kokelaalta edellytetään luontevaa kykyä vaihdella omaa tuottamisen toimintamoodia jokaisen koetehtävän aikana. Digitaalisen työskentelyn opettaminen on tämän takia oltava enemmän verkkomaista kuin lineaarista. Uudet opetussisällöt väistämättä vaativat uudenlaisia sisällön tuottamisen taitoja (Sørensen & Levinsen, 2015).

2.2.1 Ohjelmat

Digabin valikoimasta löytyy sekä ilmaisia, vapaaseen lähdekoodiin perustuvia ohjelmia että kaupallisia lisensoituja ohjelmia. Varsinainen koe suoritetaan Firefox -selaimella, johon avautuu Abitti -koeäkymä.

6 Omalle USB-tikulle voi ladata Digabin asennuspaketin osoitteesta: <https://www.abitti.fi/fi/ohjeet/usb-tikun-kirjoittaminen/#abittiusb>

7 Digabi -tikun käynnistysvalikon nykyiset versiovaihtoehdot: <https://github.com/digabi/digabi-os/wiki/Abitti%E2%80%93tikun-k%C3%A4ynnistysvalikon-vaihtoehdot>

Taulukko 1. Digabin ohjelmakokoelma

Ohjelma	Käyttötarkoitus	Nettisivu
4f-vihko	matemaattinen teksti, kuvaajat, merkkikaaviot	https://fourferries.com/fi/4f-vihko/
Casio ClassPad Manager	symbolinen laskenta (CAS)	https://edu.casio.com/products/classroom/cp2m
Dia	vektorigrafiikka	http://dia-installer.de
GeoGebra	symbolinen laskenta (CAS)	http://www.geogebra.org
GIMP	kuvankäsittely	http://gimp.org
GNOME-laskin	laskin	https://wiki.gnome.org/Apps/Calculator
Inkscape	laskin	https://utils.kde.org/projects/kcalc/
LibreOffice	tekstinkäsittely, taulukkolaskenta, esitysgrafiikka, vektorigrafiikka	https://www.libreoffice.org
LoggerPro	mittausaineiston analyysi	http://www.vernier.com/products/software/lp
MAOL digिताulukot	matematiikan, fysiikan ja kemian taulukkosovellus	https://oppimisenpalvelut.ota-va.fi/tuotteet-ja-palvelut/lu-kio/maol-taulukot/
MarvinSketch	kemian rakennekaavat	https://www.chemaxon.com/products/marvin/marvin-sketch
Mousepad	tekstieditori	https://community.linux-mint.com/software/view/mousepad
Okular	dokumenttien katseluohjelma	https://okular.kde.org/
Pinta	kuvankäsittely	http://www.pinta-project.com
SpeedCrunch	laskin	https://speedcrunch.org/
Texas Instruments TI-Nspire CAS	symbolinen laskenta (CAS)	https://education.ti.com/fi/products/computer-software/ti-nspire-cx-cas-student-sw
wxMaxima	symbolinen laskenta (CAS)	http://andrejv.github.io/wxmaxima

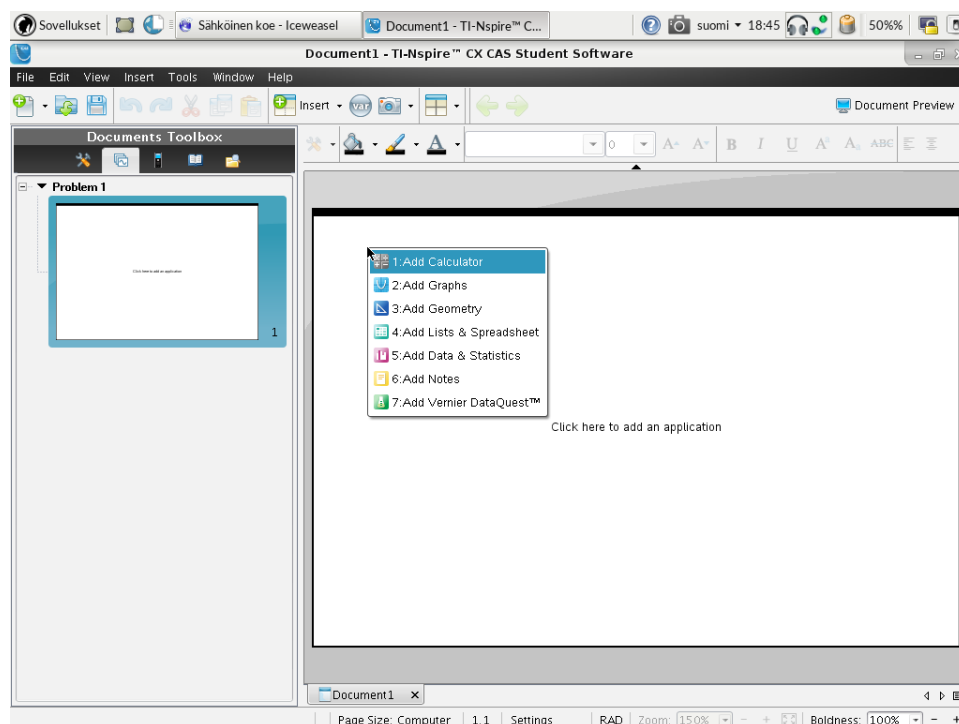
Taulukossa 1 esiintyvä ”CAS” -lyhenne tarkoittaa englanniksi ”Computer algebra system”. Karkeasti ottaen CAS -ohjelmat ovat kokonaisvaltaisia matemaattisia

työkaluja, jotka mahdollistavat symbolipohjaista ja vaiheittain etenevää työskentelyä. Ilmaisutyyli on lähellä perinteisiä graafisia laskimia.

Ohjelmien lukumäärä Digabissa kääntyy osittain itseään vastaan, sillä valinnanvapaus tarkoittaa myös sitä, että osaaminen keskittyy opettajajohtoisesti vain osaan ohjelmista. Tuulosniemen tekemässä opettajille suunnatussa kyselyssä ilmeni, että ohjelmien suuri lukumäärä aiheuttaa aineenopettajissa hämmennystä (Tuulosniemi, 2019). Useimmat ilmoittivat, ettei heillä ole riittävästi asiantuntijuutta valita kuhunkin tilanteeseen aidosti käytettävyydeltään parasta ohjelmaa. Piirto-ohjelmien lukumäärä olisi mahdollista karsia siten, että jäisi ainakin yksi bittikartta -pohjainen ja yksi vektorigrafiikka -pohjainen ohjelma jäljelle.

2.2.2 Matemaattinen kirjoittaminen

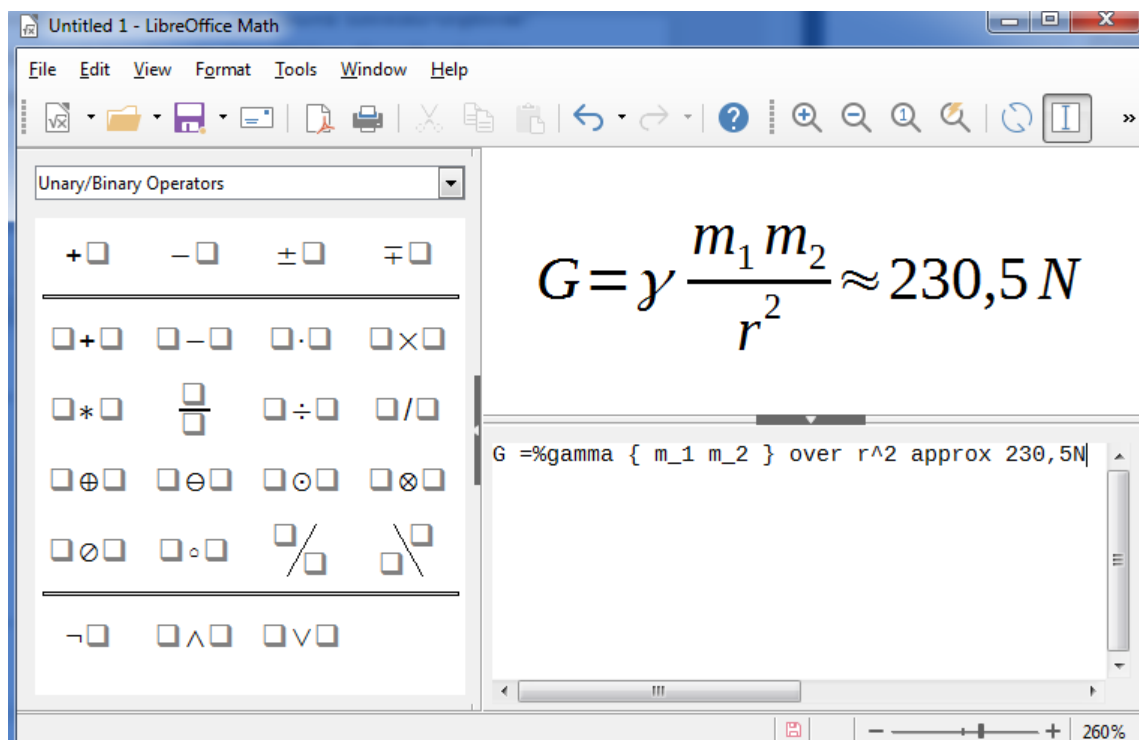
Matemaattinen kirjoittaminen on fysiikan sähköisissä kokeissa välttämätön suorituksen osa. Vastaukset vaativat usein fysiikan kaavojen matemaattista johtamista ja laskujen laskemista oikealla tarkkuudella. Digabissa on joukko apuohjelmia matemaattisten merkintöjen kirjoittamiseen. Nämä kaavat ja erikoismerkit saa siirrettyä varsinaiseen koevastaukseen.



Kuva 4. TI-Nspire perusnäkökulma Digabi -käyttöjärjestelmässä.[3]

TI-Nspire ja Casio Classpad ovat markkinakilpailijoita, ja ohjelmina ne ovat tyyliltään virtuaalisia laskimia. YTL:llä on niihin lisenssi, ja ne ovatkin lukio-opiskelijoiden keskuudessa eniten käytettyjä matemaattisia ohjelmia (ks. luku 5). Käyttö ei rajoitu pelkästään symboliseen matemaattisen laskemiseen, vaan esim. TI-Nspire tarjoaa myös taulukkolaskentaa, vapaamuotoiset muistiinpanot, tilastoja todennäköisyysslaskentaa, graafien piirtoa ja analyysiä ja jopa apulisäosan avulla piirtämistä, joka soveltuu useimpiin fysiikan kokeisiin.

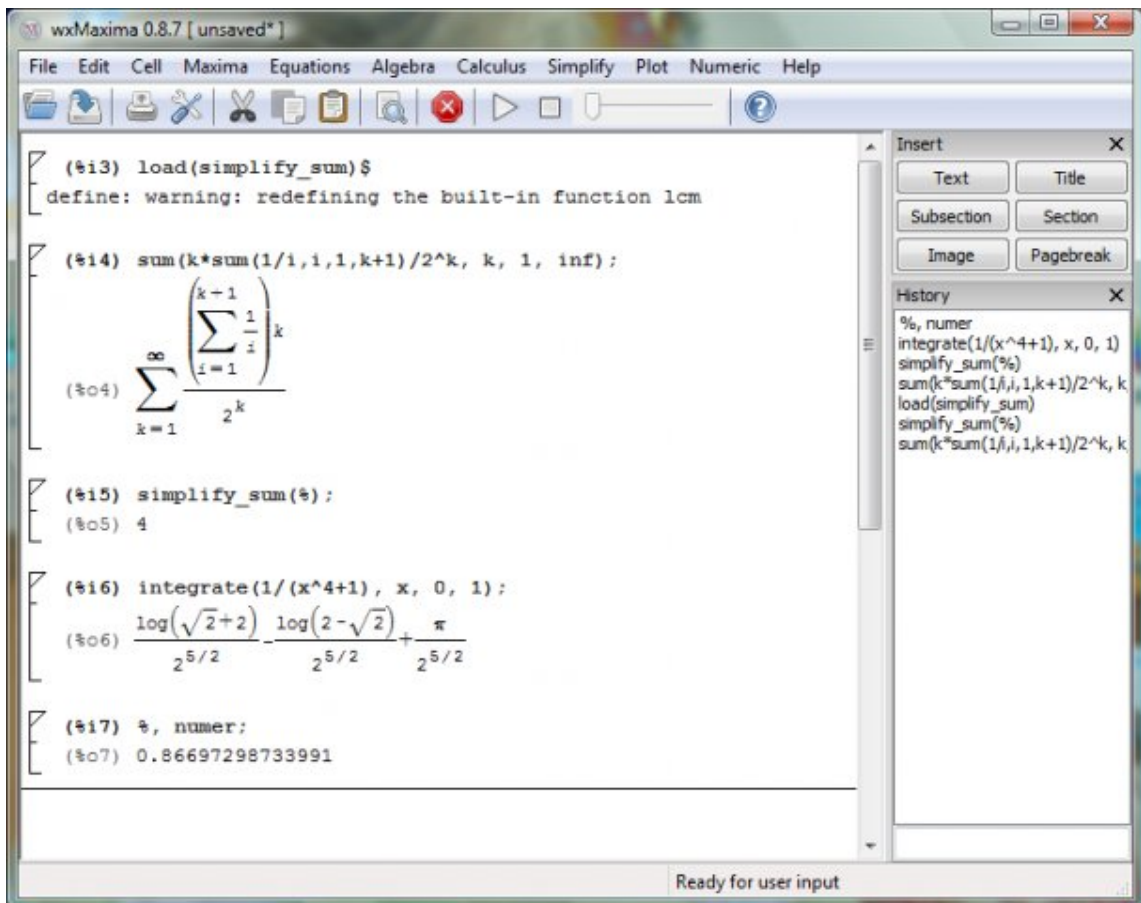
Libre Office on ilmainen ja avoimeen lähdekoodiin perustuva toimisto-ohjelmopaketti, jonka olennaisimmat osat ovat kirjoitusohjelma Writer, diaesitysohjelma Impress, taulukkolaskentaohjelma Calc, piirto-ohjelma Draw ja matemaattiseen kirjoittamiseen tarkoitettu Math.



Kuva 5. Libre Office Math -ohjelman käyttönäkymä.

Kaavaeditorina Math tarjoaa kaksi eri työskentelytapaa, joita voi myös käyttää rinnakkain. Aloittelija käyttää todennäköisesti graafista kaavapalkkia, jolla voi tuoda omaan matemaattiseen kaavaan haluttuja elementtejä valitsemalla sopivan symbolin vasemmalta ja täyttämällä kirjaimet ja numerot tyhjiin kohtiin. Sa-

maan aikaan kuitenkin päivittyy puhdas syntaksimerkintä oikeassa alakulmassa kuvan 4 mukaisesti. Syntaksikenttään voi myös itse kirjoittaa, jolloin ohjelma parhaansa mukaan pyrkii ymmärtämään kirjoitetut komennot ja päivittää vastavasti oikeassa yläkulmassa olevaa lopullista tulosta. Lopullisen kaavan voi kopioida sellaisenaan erikoisobjektina kaikkiin muihin Libre Office -ohjelmiin ja rajatun mukaan myös muihin ohjelmiin. Math on erityisen hyödyllinen etenkin dokumenttikirjoittamisessa, mikäli ei työskentele LaTeX -tyylisten ladontaohjelmien avulla. Kaikki kreikkalaiset aakkoset on tuettuna, kunhan käyttää "%" -etuliitettä. Hieno ajatus oli myös, että jos kirjoittaa esimerkiksi isolla %ALPHA, saadaan iso alfa -kirjain.

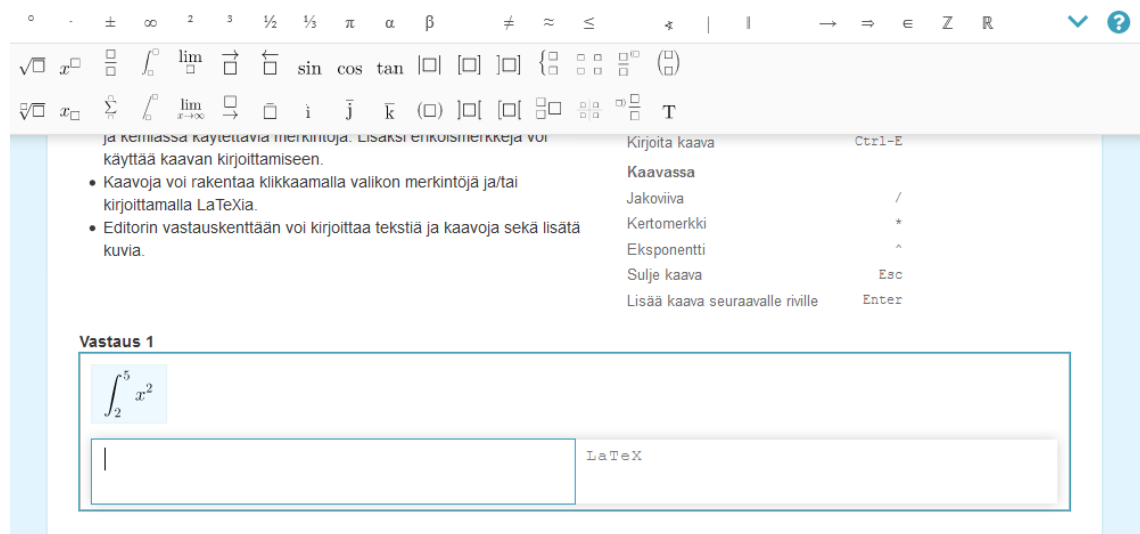


Kuva 6. wxMaxima niputtaa syötteen ja tulosteen. [4]

Ammattimaisempaa tyyliä tarjoaa wxMaxima, jonka käyttöliittymä on vahvasti komentosyntaksiin perustuvaa. WxMaxima on tehokas ja monipuolinen, mutta tuottoisa käyttö vaatii käyttäjältä perustoimintojen oppimista ulkoa. Perusnäky-
mässä syöttö ja tuloste ovat aina niputettuna yhteen vasemmalla, mikä helpot-

taa työskentelyhistorian selaamista. Matemaattisten graafien piirtäminen on myös mahdollista gnuplot -kirjaston avulla.

Muut laskinohjelmat (GNOME -laskin, Kcalc, Speedcrunch) ovat ominaisuuksiltaan yksinkertaisia ja sopivat vain lyhyisiin lukuarvolaskuihin, eikä niitä käsitellä tässä osiossa enempää. Edellä mainitut CAS -ohjelmat sopivat riittävän hyvin myös tavanomaiseen laskemiseen.



Kuva 7. Abitin oma kaavaeditori⁸.

Täydellinen riippuvuus koenäkyvän ulkoisista ohjelmista koettiin ongelmaksi jo Digabin alkuaikoina. Tästä syystä YTL alkoi etsimään uutta helppokäyttöistä, HTML5 -pohjaista ja avoimeen lähdekoodiin perustuvaa kaavaeditoria alkuvuodesta 2017 (Huttunen, 2017). Toisaalta huolenaiheena oli, että kokelaat käyttäisivät aikaa opetellakseen ohjelmaa, joka ei ole työelämässä käytössä ollenkaan.

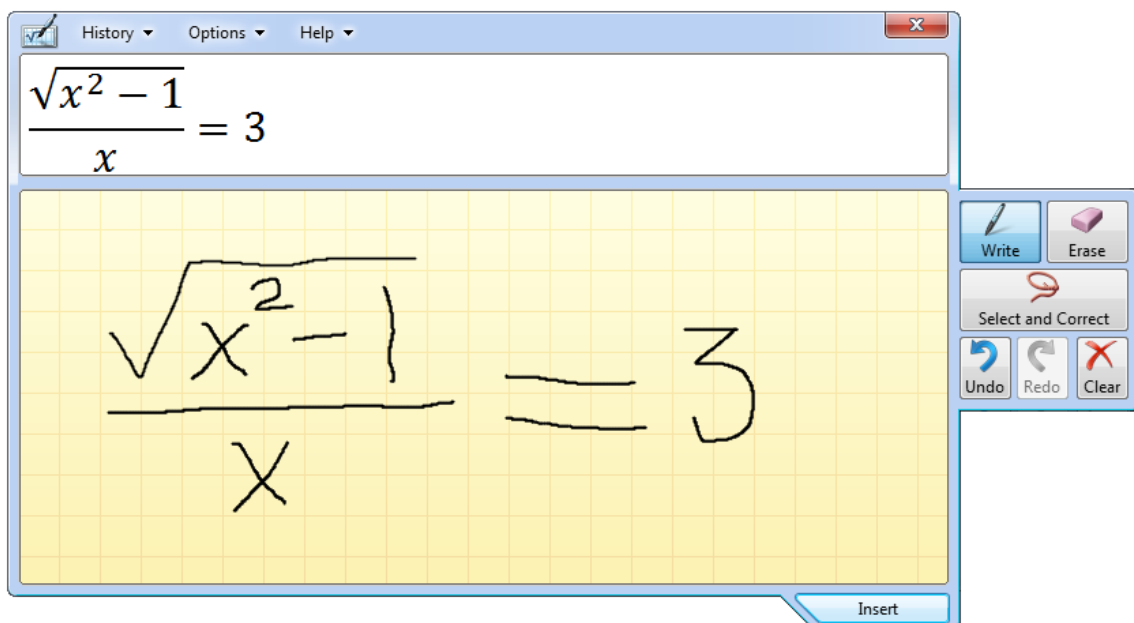
Helmikuussa 2017 YTL kävi kahdessa suomalaisessa lukiossa kokeilemassa kaavaeditoriehdokkaita, jotka olivat Wiris (graafinen editori), Latex -pohjainen Visual Math Editor ja uniikimpaa designia edustava Math-O-Mir (Huttunen, 2017). Keskeinen havainto oli, että paljon tietokoneita harrastaville sopi paremmin LATEX :in kaltaisiin ohjelmointisyntakseihin perustuvat editorit ja vastaavasti lähinnä mobiililaitteita käyttäville sopi visuaaliset kaavaeditorit paremmin. Toi-

8 YTL:n omaa kaavaeditoria voi kokeilla osoitteessa <https://math-demo.abitti.fi/>

nen havainto oli se, että riippumatta tietoteknisestä lähtötasosta toisen editorin opiskelu on huomattavasti helpompaa kuin ensimmäisen editorin opiskelu. YTL:llä tämä oli positiivinen uutinen, sillä se mahdollisti oman kaavaeditorin luomisen ilman pelkoa siitä, että siihen käytetty aika olisi turhaa opiskelijoiden tulevaisuuden kannalta (Huttunen, 2017).

Maaliskuussa 2017 ilmestyi YTL:n kaavaeditorin prototyyppi. Editorissa on jatkuvasti näkyvissä valikko kaavoja varten ja lisäksi vastauskenttään voi kirjoittaa suoraan LATEX -koodia (ks. kuva 7). Lisäksi vastaustekstiin saa lisättyä vapaita kuvakaappauksia muista ohjelmistoista.

Hahmontunnistukseen perustuva kaavojen kirjoittaminen sivuutettiin jo alkuvaiheessa Digabi -järjestelmän kehityksessä, sillä ei haluttu antaa vaikutelmaa piirtopöytien pakollisuudesta ylioppilaskokeissa (Huttunen, 2017). Kuvassa 8 on piirretty kaava hiiren avulla ja tunnistus toimi tällä kertaa moitteetta. Suurin ongelma hahmontunnistusalgoritmillä oli erottaa merkit "z" ja "2" toisistaan. Piirtopöydällä olisi saavutettavissa ylivertainen tarkkuus ja nopeus.



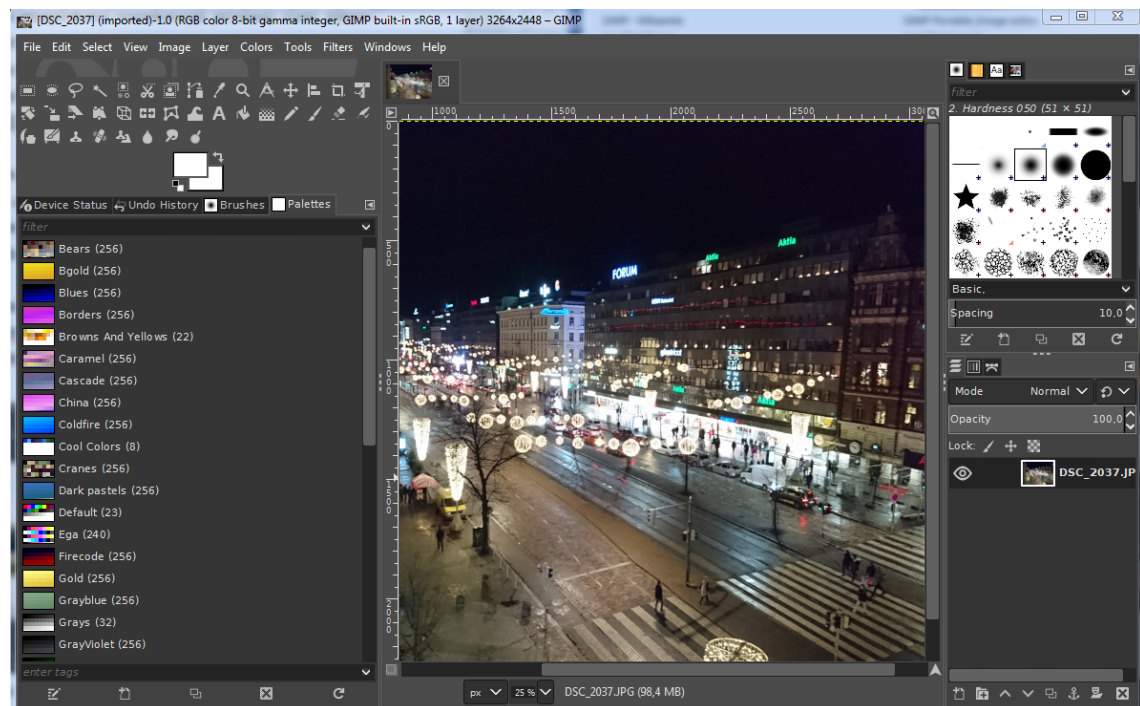
Kuva 8. Windows 7:n mukana tullut Math Input Panel nojaa hahmontunnistukseen.

2.2.3 Piirtämisen mahdollisuuksia ja ongelmia

Digitaalinen kuvanluonti on pohjimmiltaan bittikartan täyttämistä tai vektorigrafiikan luomista (mikä myös usein tallennetaan bittikartaksi). Vektorigrafiikan etu on skaalautuvuus, ja siksi virtapiirikuvia miellekarttoja piirretään usein vektorigrafiikkana. Suora bittikarttapiirtäminen on kätevää silloin, kun pitää työkennellä suuren värimäärän kanssa. Grafiikantuohto-ohjelmissa on käytössä tiettyjä valmiita elementtejä esimerkiksi erilaisten viivojen, suorien ja muotojen piirtämiseen (Tuulosniemi, 2019).

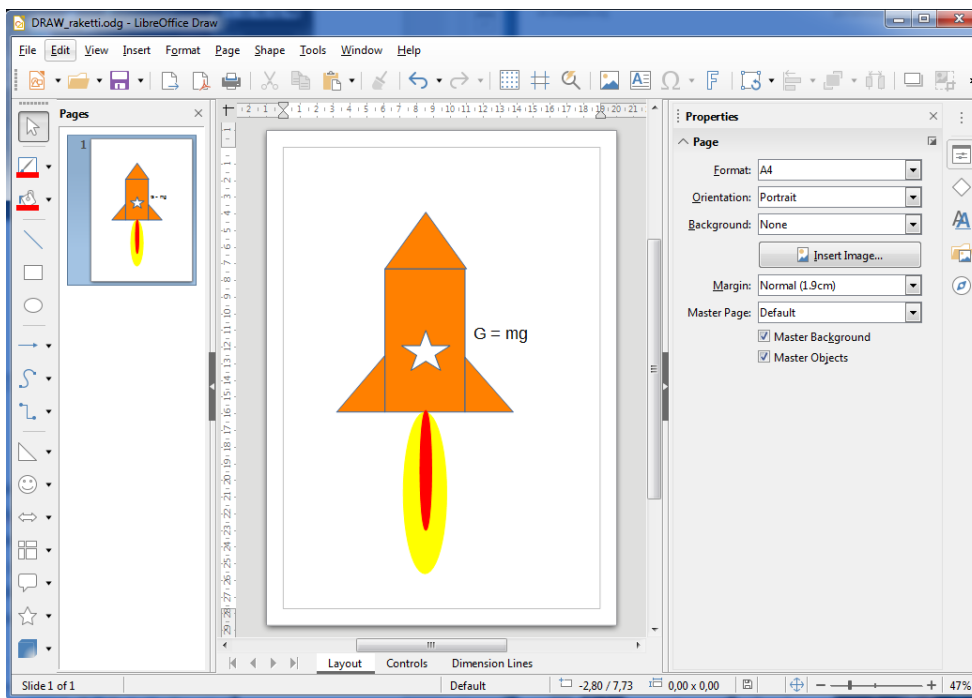
Digitaalista grafiikkaa voi käyttää sekä tiedon esittämiseen tehokkaana kommunikaatiokeinona tai oman oppimisen osoittamiseen. Graafinen esitys voi toimia myös aputyökaluna (esimerkiksi miellekartat). Esitysgrafiikka voi olla tilastografiikkaa, fysikaalisia tilanteita voima- ja liikenuolineen sekä virtapiirejä.

Digabi tarjoaa kuvankäsittelyyn sekä bittikarttoihin että vektorigrafiikkaan perustuvia ohjelmia. Näistä GIMP ja Pinta perustuvat bittikarttoihin ja vastaavasti Inkscape, Dia ja Draw tuottavat vektorigrafiikkaa.

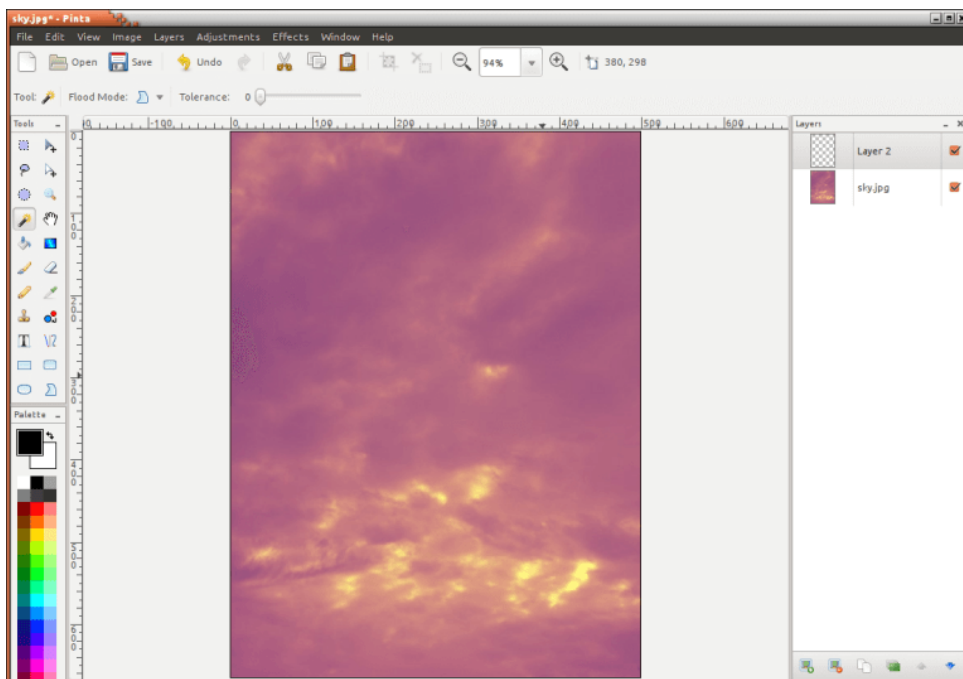


Kuva 9. GIMP käyttönäkymä.

Ilmaisjaketelussa oleva GIMP on kaikista Digabin tarjoamista ohjelmista monipuolisin ja ammattimaisin ja tarjoaa Adobeen Photoshoppia vastaavat ominaisuudet. Tästä syystä GIMP ei ehkä aloittelijalle sovi nopeaan ja yksinkertaiseen piirteilyyn, mutta harjaantunut käyttäjä pystyy hyödyntämään GIMP:iä joka tilanteessa. Lukiolaisen, joka haluaa tehdä uraa graafisessa suunnittelussa, kannattaa opetella GIMPin käyttöä jo varhaisessa vaiheessa.

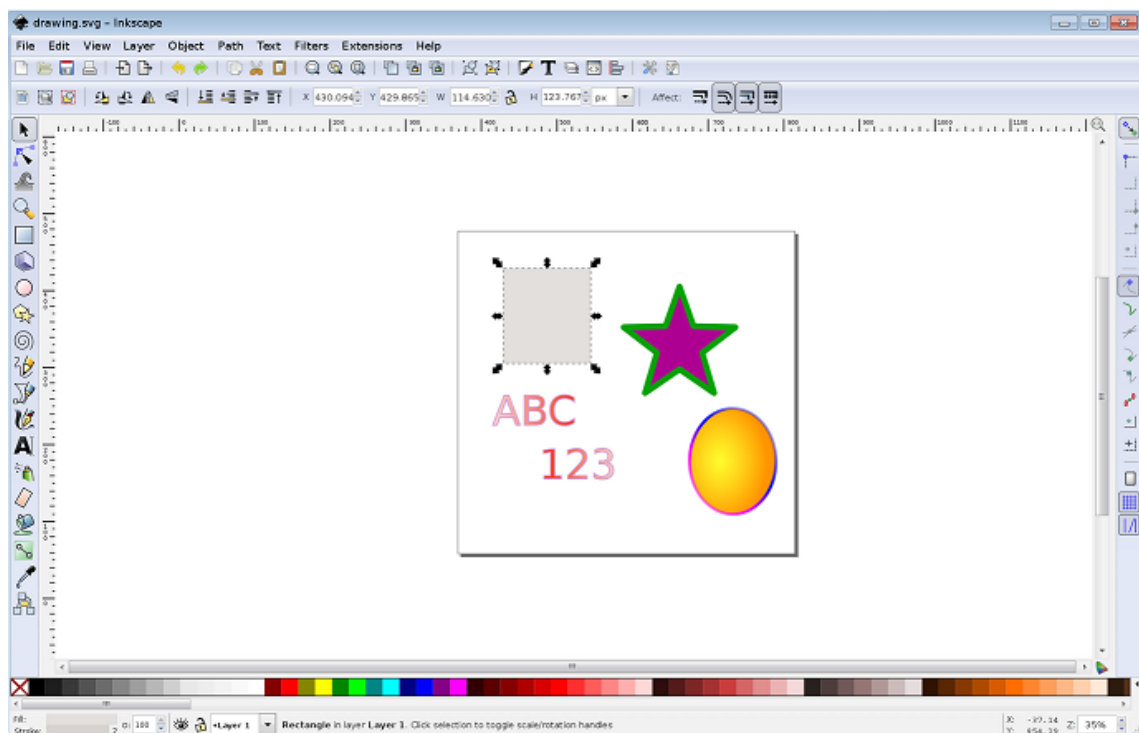


Kuva 10. Libre Office Draw helpottaa vektorigrafiikan piirtoa.



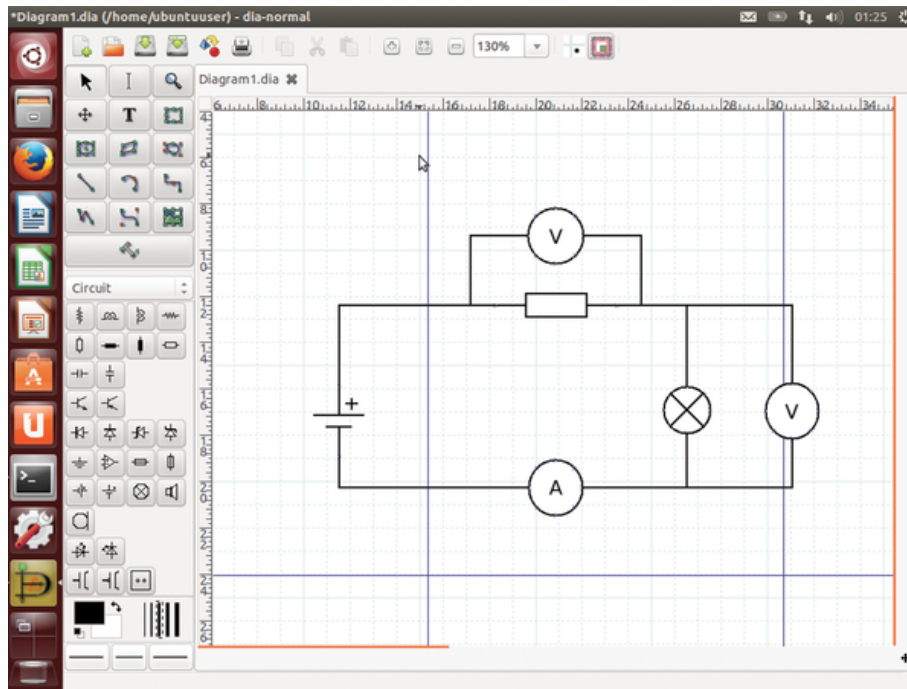
Kuva 11. Pinta ja valokuvan käsittelyä. [5]

Pinta ja Libre Office Draw edustavat matalamman aloituskynnyksen piirto-ohjelmia, jotka toisaalta eivät tarjoa yhtä paljon ominaisuuksia kuin GIMP. Vapaa-
muotoisessa piirtämisessä niiden olettaisi kelpaavan suurelle osalle lukiolaisista. Pinta on bittikartoihin perustuva ohjelma, ja Draw tuottaa sekä vektorigrafiikkaa että bittikarttoja. Digitaalisessa työstämisessä omaa ajatusprosessia voi helpottaa apupiirroksia, joiden tuottamiseen Pinta ja Draw sopivat hyvin.



Kuva 12. Inkscapeissa luotuja vapaasti skaalautuvia objekteja. [6]

Inkscape on ilmainen ja avoimeen lähdekoodiin perustuva vektorigrafiikkaohjelma. Sen perusajatus on, että käyttäjä luo käyttöpalkin avulla objekteja, jotka skaalautuvat ja muokkautuvat täysin vapaasti ilman informaatiohävikkiä. Toisin sanoen Inkscapen kaltaisten ohjelmien paras ominaisuus on niiden tarjoama helppo muokattavuus. Jokaisessa keskeneräisessä työssä on helppo muokata objektien värejä, kokoa, lukumäärää tai muotoa. Vektorigrafiikkaohjelmat soveltuvat myös paremmin hiirityöskentelyyn kuin bittikarttaohjelmat.



Kuva 13. Virtapiiri Dia -ohjelmalla toteutettuna.[7]

Dia on ohjelmana samankaltainen kuin Inkscape, mutta keskittyy eri asioihin. Inkscapeissa keskiöön nousevat työkalut, joilla voi tehdä vaikka miellekarttoja, diagrammeja (mukaan lukien sähköpiirit) ja muita verkostomaisia rakenteita. Objektien keskinäisiä suhteita, joita merkitään suorilla joko suorilla tai käyrillä viivoilla, on helppo korostaa.

Piirtäminen hiirellä ja piirtopöydällä

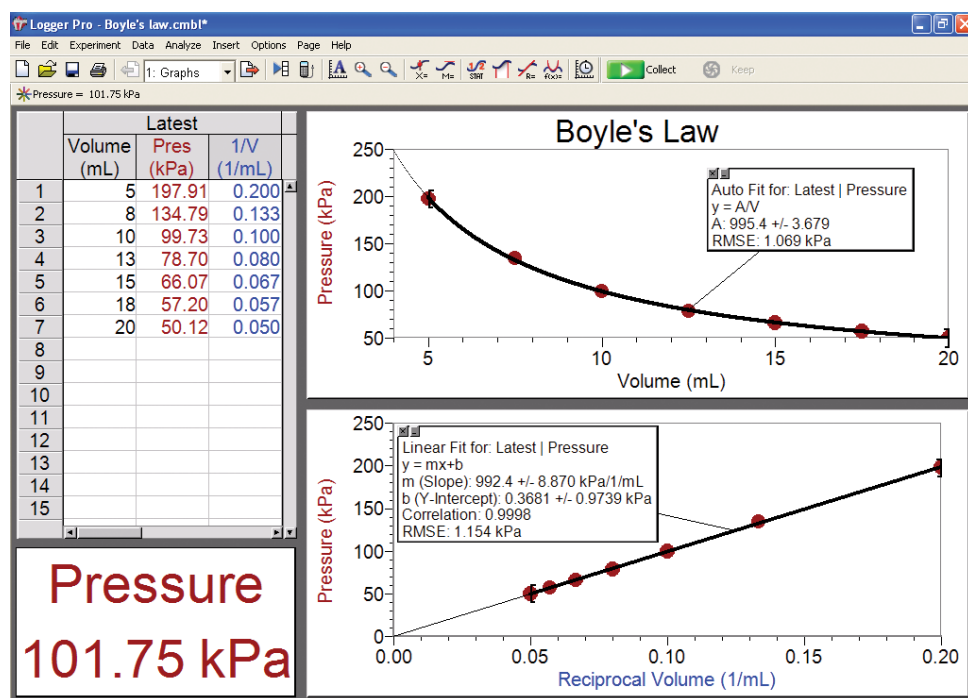
Kuvien tuottaminen hiirellä on voimakkaan suhteellinen tapa ja vaatii tekijältään kuvan esiarvioimisen lisäksi myös merkittävästi erilaista hienomotorista kykyä kuin suoran piirtämisen tapauksessa. Digitaaliselle kuvantuottamiselle harjaantumattomat opiskelijat todennäköisesti kokevat hiirellä piirtämisen ylimääräiseksi kognitiivisen kuormituksen lähteeksi (ks. luku 3.2).

Piirtopöytä poistaa hiirellä piirtämisen suurimman ongelman (suhteellisella liikkeellä piirtämisen), mutta mahdollistaa silti samaan aikaan digitaalisen kuvantuottamisen hyvät puolet, kuten monipuolisen jälkimuokkauksen.

Hiiren suhteellinen kuvantuottotapa on epäluonnollisempaa verrattuna suoraan piirtämisen. Toisaalta hiirellä on mahdollista käyttää hyväksi vektorigraafisia objekteja apuvälineinä (esim. ankkuripisteiden levittämällä muodostettava automaattinen viiva, neliö tai ympyrä) (Tuulosniemi, 2019).

2.2.4 Data-analyysiohjelmat

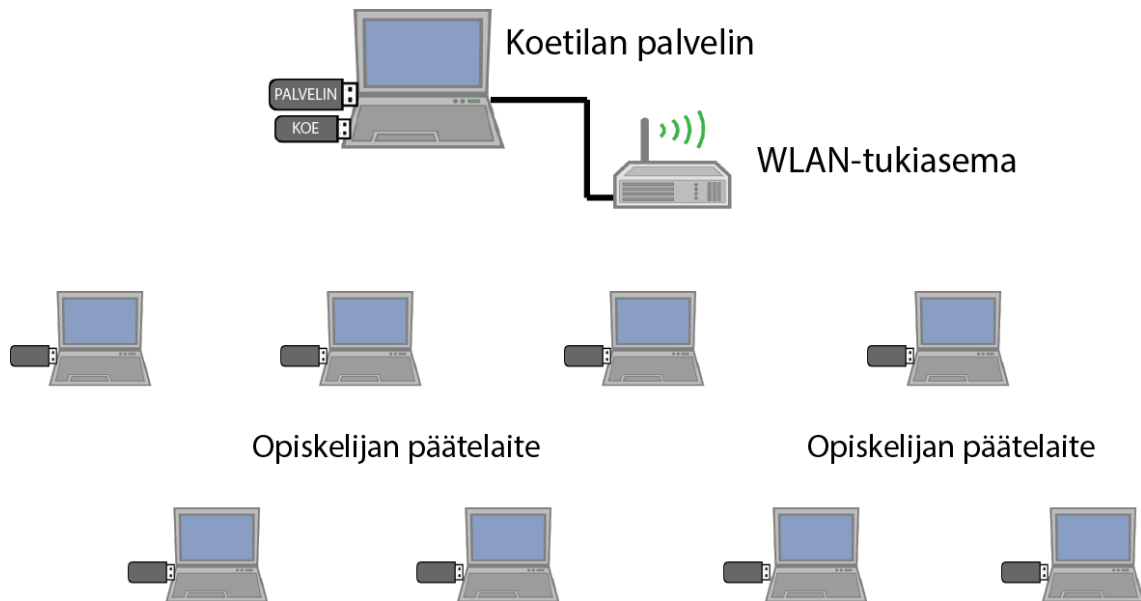
Ainoa selvästi data-analyysiin keskittynyt ohjelma Digabissa on Logger Pro. Se on perinteisesti ollut opettajien ja luennoitsijoiden suosikki, koska sen anturituki on hyvin laaja, ja täten Logger Pron avulla on mahdollista demonstroida hyvin erilaisia fysiikan koemittauksia. Datankeräyksen lisäksi Logger Pro:lla pystyy piirtämään sovituskuoria ja -käyriä datapistejoukkojen avulla sekä laskemaan automaattisesti monia tilastollisia suureita.



Kuva 14. Boylen lain testaaminen Logger Pron paineanturin avulla. [8]

TI-Nspire, Classpad Manager ja Geogebra sisältävät myös omat tilasto- ja data-käsittelytoiminnallisuuksia. Keskeisenä vaatimuksena on kyky lukea csv- tai muita yleisiä datapistetiedostoja ja analysoida niitä käyttäjän tarpeiden mukaisesti. Fysiikan sähköinen koe mahdollistaa enemmän ja suurempia data-aineistotehtäviä kuin koskaan aiemmin, sillä kokelaan ei enää tarvitse käyttää merkittävästi aikaa mekaaniseen toistoon dataa käsitellessään.

2.3 Abitti -kokeiden järjestäminen



Kuva 15. Abitti -kokeiden järjestäminen langattomasti. [9]

Abitti -kokeiden järjestäminen vaatii toimivan paikallisen Wifi -yhteyden, yhden Digabin palvelinversion asennettuna USB -tikulle, palvelimena toimivan tietokoneen, kokeentekijöihin verrattavissa olevan määrän client -tikkuja sekä jokaiselle kokelaalle oman kannettavan tietokoneen.

Kokelaalla saa olla mukana kokeessa tietokone (näytön diagonaalinen koko korkeintaan 18 tuumaa), virtajohto ja kuulokkeet. Lisälaitteita saa tuoda, ja näihin voi kuulua esimerkiksi oma HID -standardia mukaileva hiiri ja erillinen näppäimistö. Lisälaitteet eivät saa olla langattomasti toimivia. Erityinen kohua herättänyt lisälaitemahdollisuus on piirtopöytä, jonka käyttömahdollisuudesta ei ainaakaan vielä alkuvuodesta 2019 oltu tiedotettu riittävästi. YTL:n blogin perusteella tätä vaihtoehtoa ei olla tarkoituksella mainostettu liikaa, sillä se antaisi kokelaille käsityksen piirtolaitteen välttämättömyydestä⁹.

YTL:n piirtopöytäpolitiikassa on kuitenkin heikkouksia; ylioppilaskirjoituksissa on selkeästi linjattu, että langattomat laitteet (bluetooth yms.) ovat kiellettyjä ja kaikkien ylimääräisten kirjoitusta auttavien laitteiden tulee olla langallisia. Toisin

⁹ YTL:n lausunto piirtopöydästä ja muuta pohdintaa: <https://www.ylioppilastutkinto.fi/ajankoh-taista/blogitekstit/375-helpon-ja-nopean-editorin-jaljilla-osa-1-2>

sanoen langalliset apuhiiret ja näppäimistöt ovat sallittuja. Piirtopöydät kuitenkin usein toimivat sähkömagneettisella resonoinnilla, mikä tarkoittaa, että kynä itsessään on langaton laite. Nykyinen tulkinta vaikuttaisi kuitenkin olevan se, että kynä ei käytä bluetoothia tai siihen verrattavissa olevia radioaaltoja, joten se on sallittu (Tuulosniemi, 2019).



Kuva 16. Esimerkki piirtopöydästä ja siihen liittyvästä kynästä (Huion 420). [10]

Facebook -ryhmässä ”tietokoneet yo-kirjoituksissa” lukion aineenopettajat olivat todella epävarmoja siitä, saiko piirtopöytää käyttää yo-kirjoituksissa vai ei. YTL:n ohjeistus ei ole tarpeeksi yksiselitteinen, eikä edes YTL:n kanslia osannut suorassa puhelinkeskustelussa ottaa kantaa piirtopöytien käyttöön (Tuulosniemi, 2019).

Tutkimalla YO -tutkinon sähköistämiprojektissa projektipäällikkönä työskentelevän Matti Lattun blogia¹⁰ voimme löytää yhden selityksen sekaannukseen:

”Kolmas matemaattisen notaation syöttötapa on käsinkirjoitettujen merkintöjen tulkinta tekstintunnistuksen keinoin. Tämä tapa on päätetty jo projektin alkuvaiheessa sivuuttaa, koska lautakunta ei halua synnyttää sellaista mielikuvaa, että MAFYKEaineiden opiskelu vaatisi kosketusnäytön tai piirtopöydän hankintaa.”

¹⁰ YTL:n sähköistämiprojektin blogi: <https://www.ylioppilastutkinto.fi/ajankohtaista/blogitekstit/375-helpon-ja-nopean-editorin-jaljilla-osa-1-2>

Abille hyvä hankinta on kosketusnäytöllinen kannettava tietokone. Kosketusnäytöstä on entistä enemmän hyötyä, jos se on käännettävissä vaakatasoon ja jos sen kanssa voi käyttää langatonta kynäkettä, jolla piirtäminen perustuu passiiviseen sähkönjohtoon eikä radioaaltoihin. Tarkkuus on tällä menetelmällä kuitenkin jonkin verran heikempi kuin erillisen piirtopöydän kynällä (Tuulosniemi, 2019).

YO -kokeiden teknistyminen on aiheuttanut myös tilanteen, missä lukio-opiskelijan varallisuus voi antaa etulyöntiaseman YO-kokeen suorittamisessa. Kannettava tietokone, jossa on tavallista suurempi näytön resoluutio (esim. WQHD 2560x1440 tai UHD 3840x2160), mahdollistaa huomattavasti paremman rinnakaistyöskentelymahdollisuuden. Tällöin kokelaan on helpompi pitää useampia ohjelmia näkyvissä samaan aikaan ja lisäksi piirtämisen tarkkuus paranee. Erillisellä ostettavalla piirtopöydällä ja kapasitiivisella kosketusnäytöllä piirtäminen helpottuu entisestään.

YTL on etsinyt USB -tikuille vaihtoehtoa, mutta muut ratkaisut eivät ole olleet kätevämpiä tai tietoturvalisempia. Teoriassa käyttöjärjestelmä olisi mahdollista käynnistää suoraan lähiverkon kautta, mutta tämä vaatii PXE -yhteensopivan laitteiston. Halvemmissa ja vanhemmissa kannettavissa tietokoneissa PXE -tukea ei löydy (Sidorow, 2018). Yleinen puute ainakin vielä vuonna 2018 oli USB-C -liitännän ajurien puute. Tämä oli ongelma erityisesti tietyillä Applen kannettavilla tietokoneilla, joista vanhanmallinen USB-liitäntä puuttui. Tällöin kokelaan tulee hankkia erillinen USB-C -adapteri.

Debian -pohjaisena käyttöjärjestelmänä Digabissa on ALSA -äänirajapinta¹¹, jonka pitäisi tarjota ajurit ja kirjastot monentyyppisille äänipiireille. Nämä ns. passiiviset ääniajurit ovat aktiivisia, kun opiskelija käyttää 3,5 mm liitäntää. Myös USB-liitännällä toimivia kuulokkeita tuetaan; tällöin käytettävä äänipiiri on kuulokkeen oma. Jälkimmäinen on varmatoimisempi ratkaisu Digabin tapauksessa. Osa etenkin vanhemmista kannettavista tietokoneista voivat sisältää niin eksoottisia äänipiirejä, ettei ALSA osaa niitä hyödyntää.

11 https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Linux_Sound_Architecture

3 Kognitioteoreettinen viitekehys

3.1 Pienimmän vastarinnan periaate

Ihmisen päätöksentekomekanismeissa on joukko näkymättömiä tekijöitä, jotka ovat irrallisia yksilön tietoisista pyrkimyksistä ja tavoitteista. Tämä pohjautuu ihmisen kerrokselliseen ajatteluun; kognitiotieteet tunnustavat alitajunnan tiedostamattomana osana ajatteluprosessia.

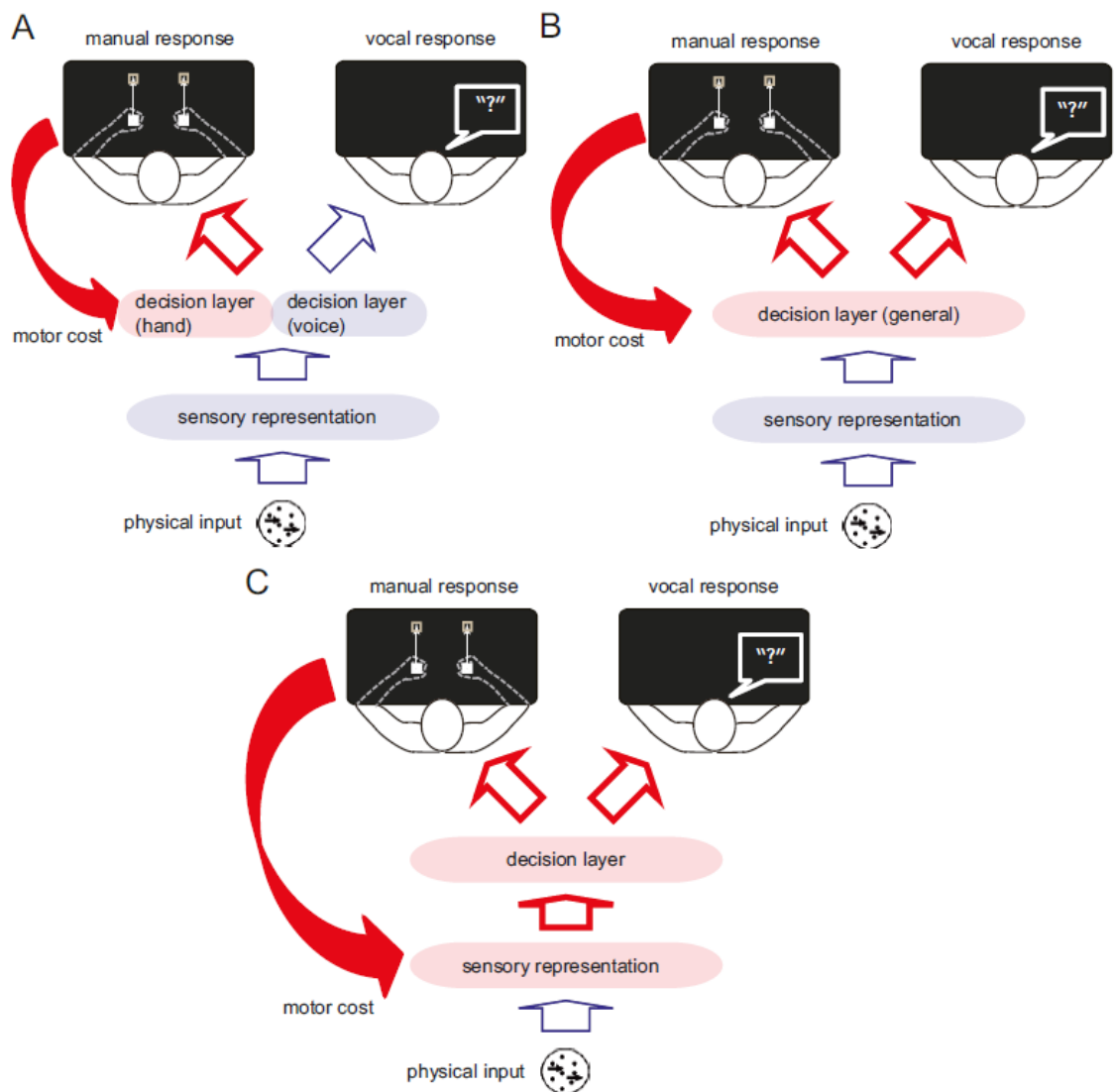
On esitetty, että merkittävää osaa käyttäytymisvalinnoista ohjaa nk. ”pienimmän vastarinnan periaate”¹² (Zipf, 1949). Tällöin ihmisen päätösmekanismissa keskeiseksi arvioitavaksi kriteeriksi nousee koettu vaivannäön määrä, joka liittyy valintaan. On olennaista huomata, että tämä periaate käsittää myös sellaiset tilanteet, missä subjekti pohtii pelkästään metodeja saavuttaakseen yhden tietyn muuttumattoman päämäärään. Tällöin ns. palkinto ei muutu - ainoastaan vaivannäkö muuttuu. Arjessa pienimmän vastarinnan periaatteen huomaa helpoiten esimerkiksi ihmisten tekemistä ja kartassa merkitsemättömistä oikoreiteistä metsien tai nurmikoiden läpi. Laajemmin luonnossa sama periaate toistuu siinä, miten spontaanit prosessit tapahtuvat aina energiaedullisimmalla tavalla.

Pienimmän vastarinnan periaate on relevantti käytettävyytutkimuksessa, sillä se keskittyy opittuihin toimintametodeihin ja tapaan, millä käyttäjä harjaantuu käytössä keksimällä uusia nopeuttavia prosesseja tai oikoreittejä (Hagura, Haggard, & Diedrichsen, 2017). Tärkeintä on huomata, että helpotuksen etsiminen ei ole aina tietoista. Joskus esimerkiksi vaivannäön erot ovat niin pieniä, että ne ohjaavat alitajuntaisesti valintoja. Ohjelmistojen käytettävyyssuunnitteluissa olisi mahdollista tehdä hienostuneita ohjaavia yksityiskohtia (ks. luku 3.2.3), jotka voivat parhaimmillaan alitajuntaisesti auttaa tehokkaampaan jatkotyöskentelyyn.

Haguran kokeessa oli laitettu osallistujat tekemään valinta, mutta heille ei kerrottu kaikkia vaikuttavia tekijöitä. He näkivät ruudulla lievästi liikkuvan pisteen ja heidän piti kommunikoida pisteen liikkeen suunta vetämällä liikkeen suuntaista vipua. Heille ei kuitenkaan kerrottu, että toinen vivuista oli tarkoituksella tehty

12 Engl. ”Path of least resistance” tai ”Principle of least effort”

hieman raskaammaksi vetää kuin toinen. Tämä aiheutti alitajuntaisen päätöksentekovääristymän, minkä seurauksena kaikki testiin osallistuneet vetivät useammin kevyemmästä vivusta – jopa silloinkin kun piste liikkui lievästi vastakkaiseen suuntaan. Vääristymä oli niin voimakas, että se jäi myös lihasmuistiin. Lisäksi kun pisteen suunnan sai ilmoittaa ääneen vetämättä vipua, valintaa vääristi edelleen lihasmuistikuva toisen vaihtoehdon suuremmasta työstävyydestä. Ero vivun raskaudessa aiheutti valintakykyyn vääristymän (Hagura ym., 2017).



Kuva 17. Haguran kokeen kolme vaihetta, missä A -tilanteen vaivannäköhuijaus vaikuttaa ensin B -tilanteessa päätöksentekoon ja lopulta suggestion kautta heikentää aistien luotettavuutta C -tilanteessa. Useimmat eivät huomanneet jopa 1,8 -kertaista eroa. [11]

Kokeessa oli 10 osallistujaa (Hagura ym., 2017). Vipujen vastavoima oli liikkeen nopeudesta riippuva ja ero kasvoi jokaisen vetämisen jälkeen niin vähän, ettei sitä huomattu.

3.2 Kognitiivinen kuormitus

3.2.1 Ero stressin ja kognitiivisen kuormituksen välillä

Ihmistä voi ajatella tietoa käsittelevänä järjestelmänä, jolla on tietty kognitiivisen prosessoinnin kapasiteetti. Kognitiivisen kapasiteetin ylittänyt kuormitus ilmenee alentuneena suorituskynä. Myös alikuormituksen tila on mahdollinen. Tällöin ihminen on lähinnä passiivinen, eikä kykene yrittämään työtehtävän suorittamista parhaalla tavalla. Vaihtoehtoisesti työtehtävä voi olla myös passivoivan helppo hänelle. Ihminen voi näyttää ulkopuolisen näkökulmasta toimettomalta, vaikka olisi todellisuudessa raskaasti kognitiivisesti kuormittunut (Haavisto & Oksama, 2007).

Sähköisen kokeen tekemisen aikana opiskelijan kokema kognitiivinen kuormitus koostuu tehtävään liittyvistä ihmisen tiedonkäsittelyn toiminnoista. Näitä ovat mm. havaitseminen, työmuistin käyttö, suunnittelu, mentaalimallien luonti, päätöksenteko ja kirjallinen tuottaminen (Haavisto & Oksama, 2007). Yksilölliset tekijät (opitut taidot tai luontaiset tekijät) aiheuttavat erilaisen määrän kognitiivista kuormitusta eri ihmisille, vaikka työtehtävä olisi sama. Myös vireystilalla ja motivaatiolla on merkitystä.

Kognitiivinen kuormitus eroaa kuitenkin stressin käsitteestä (Haavisto & Oksama, 2007). Kognitiivista kuormitusta ei voi täysin väistää työtehtävissä, ja älykkäällä prosessisuunnittelulla kuormituksen tasoa voi myös säädellä ratkaisevalta tavalla. Stressi taas ilmenee yleensä pitkäkestoisena rasituksen tilana, jolla voimakkaampi fysiologinen reaktio. Stressi riippuu myös voimakkaammin ulkoisista häirtätekijöistä, kuten melusta.

Tässä opinnäytetyössä kognitiivisen kuormituksen mittaaminen on subjektiivista ja kvalitatiivista. Parhaiten subjektiivisesta mittauksesta selviää, onko esiintynyt voimakkaita kognitiivisen kuormituksen piikkejä, koska niillä on hyvin voimakas suorittamista haittaava ominaisuus.

3.2.2 Kognitiivisen kuormituksen lähteet

Yksilön kokemalla kognitiivisella kuormituksella on useita eri lähteitä, joista osa on muuttumattomia ja ulkoisesti muokattavissa. Jokaisella työskentelyprosessilla on oma *luontainen* työstämisen kuormitus. Tämä osuus kuormituksesta on sisältää väistämättömät työskentelyn vaiheet ja on verrannollinen näiden vaiheiden vähimmäislukumäärään. Jokainen työskentelyn vaihe käynnistää kognitiivisen prosessin. Vaiheet itsessään sisältävät myös tietyn määrän työskentelyvaihtoehtoja ja täten vaiheisiin liittyy myös valitsemisprosessi. Luontaisen kognitiivisen kuormituksen lähde on metodipohjainen (Kirschner, Kester, & Corbalan, 2011).

Tiedon esittämis- ja tuottamistapa on *ulkoisen* kognitiivisen kuormituksen lähde. Tämä lähde on aina ylimääräistä kuormitusta, joka ei suoraan kontribuoi oppimiseen eikä liity myös puutteelliseen aihesisältöön koevastauksia tuottaessa. Ulkoinen kuormitus voi aiheutua jopa huonosta työasennosta (Kirschner ym., 2011).

Sopiva (engl. *germane*) kognitiivinen kuormitus katsotaan sellaiseksi kuormitukseksi, jonka alaisena tapahtuu kiistattomasti edistystä ja oppimista (Kirschner ym., 2011).

Nämä kolme lähdettä ovat keskenään additiivisia, eivätkä saa ylittää opiskelijan henkilökohtaista prosessointikykyä, jos halutaan saada aikaiseksi jouhevaa työskentelyä ja mahdollistaa tiedonsiirtoa (engl. *Transfer*). Ulkoisen kuormituksen vähentäminen voi olla helpointa, mikäli työskentelyolosuhteita on mahdollista muuttaa. Ihannetilanne olisi, että kognitiivinen kuormitus olisi enimmäkseen oppimisen kannalta sopivaa kuormitusta. Tällöin digitaalisen työstämisen luontaista kuormitusta tulisi minimoida etenkin parantamalla yleistä käytettävyyttä. Tästä saatu ylimääräinen kognitiivinen prosessointiaika voi ilmentyä esimerkiksi luovuutena tai kyynä automatisoida omia prosesseja. (Kirschner ym., 2011).

Luontainen kuormitus on hallittavissa *segmentoimalla* siten, että koskaan ei ole liikaa informaatiota näkyvissä käyttäjälle, vaan että käyttövaihtoehdot vaihtelevat kontekstuaalisesti (Kirschner ym., 2011).

Toimintatapojen säilöminen pitkäaikaiseen muistiin on olennaisen tärkeä tekijä toistuvien prosessien kognitiivisen kuormituksen alentamisessa. Työmuisti on ratkaisevin ainoastaan ensimmäisten työskentelykertojen aikana (Kühl, Scheiter, Gerjets, & Edelman, 2011).

Tiivistettynä kognitiivisen kuormituksen alentamisella on seuraavia hyötyjä:

- 1) Tarvittavan työmuistin keventäminen
- 2) Syvempien kognitiivisten prosessien mahdollistaminen
- 3) Työtehtävään liittyvien tavanomaisten kognitiivisten prosessien helpottaminen

Kaksi edellisistä ominaisuuksista ovat helpottavia (engl. *facilitating function*) ja yksi antaa kokonaan uusia mahdollisuuksia (engl. *enabling function*) (Kühl ym., 2011).

3.2.3 Huomion ohjaus visuaalisella suunnittelulla

Pedagogisen käytettävyydestutkimuksen lähtökohtana on usein käytetty ns. ”huomion ohjaus” -periaatetta. Huomion ohjauksen perusperiaate on kiinnostuksen kohteen eristäminen muusta ympäröivästä - mutta sillä hetkellä epäolennaisesta asiasta. Esimerkiksi opetustarkoituksiin tehdyissä animaatioissa voi kyse olla zoomauksesta ja opetettavan asian toistamisesta toisilla ilmauksilla. Myös visuaaliset vihjeet, kuten nuolet, ympyröinnit, värien muutokset ja alleviivaukset herättävät huomion. Ihmisen silmä seuraa liikkuvia elementtejä silloin kun ympärillä kaikki on staattista (Amadiou, Mariné, & Laimay, 2011).

Mielestäni liikkuvan opetusanimaation sisäistämisessä on monia huomion kiinnittämiseen liittyviä ongelmia kuin ohjelmien käyttöliittymän opettelussa. Kumminkin sisältävät ns. ”dynaamisia siirtymiä”, missä silmillä nähtävä informaatio on jatkuvassa muutoksessa. Kummassakin avaintekijäksi nousee järjestelmän oikeanlainen huomion keskittävä ohjaus. Vastaavasti opiskelijat voivat harjaan-

nuttaa kykyänsä järjestää tietoa sekä ajan että paikan suhteen (Amadiieu ym., 2011).

Amadiieu tutki artikkelissaan opetusanimaatioiden tuottamaa kognitiivista kuormitusta ja miten tietyillä valinnoilla tätä kuormitusta voi lieventää. Motivaatio tähän syntyi siitä, että opetusanimaatioilla ei ole yleensä todettu olevan merkittävää pedagogista etulyöntiasemaa verrattuna staattiseen esitysgrafiikkaan. Tämän epäillään johtuvan animaatioiden liian suuresta kognitiivisesta kuormituksesta, jota erityisesti voimistaa selkeiden huomion kohteiden puute (Amadiieu ym., 2011). Täten tulee tutkia opiskelijoiden kognitiivista prosessointia animaatioiden ja dynaamisten järjestelmien käytön aikana.

Amadiieun tutkimuksessa 36 psykologian opiskelijaa laitettiin katsomaan sama opetusanimaatio kolme kertaa. Puolet katsoivat animaation läpi ilman visuaalisia apuja ja puolet visuaalisten apujen kanssa. Ensimmäisen ja viimeisen kysymyksen yhteydessä esitettiin osaamista mittaavia kysymyksiä. Osoittautui, että toisto auttoi eniten kognitiivisen kuormituksen vähentämisessä ja auttoi myös kertaamaan, mutta ainoastaan visuaalisten vihjeiden versiossa opiskelijat ymmärsivät syvällisemmin tietoa ja pystyivät jäsentämään opitun tiedon uudestaan paremmin. Staattiset kuvat vaativat opiskelijalta enemmän spatiaalista hahmotuskykyä kuin animaatiot. On esitetty, että parhaiten staattisia kuvia ymmärtävät opiskelijat osaavat kompensoida puuttuvan tiedon itsetehdyillä mentaalimalleilla. Heikko spatiaalinen hahmotuskyky saattaa valitettavasti myös heijastua kuvantuottamiseen (Höffler & Leutner, 2011).

Ohjelmistojen suunnittelussa on riski kuitenkin yliohtaa käyttäjän huomiota. Kun huomiota ohjataan liian houkuttelevan näköisillä yksityiskohdilla, voi opiskelijan kognitiivinen prosessointi muuttua putkinäköiseksi (Park, Moreno, Seufert, & Brünken, 2011). Graafisessa käyttöliittymässä houkutteleva yksityiskohta voi esimerkiksi tarkoittaa liian korostuneesti esiintyvää työkaluvaihtoehtoa tai muuta toimintonappulaa, joka ei kuitenkaan aina ole tärkeä sillä hetkellä. Huomiota herättävät myös värivalinnat, graafinen kuvitus ja erityisesti liike (Park ym., 2011).

Ohjelman käyttöliittymässä käytettävät valikot ja käyttövaihtoehdot eivät ole staattisia, vaan sisältävät useita kontekstiriippuvaisia alavalikoita ja vaihtoehtoja. Koska kaikki käyttövaihtoehdot eivät ole koko ajan näkyvissä, käyttäjän tulee luoda verkkomainen mallinnus mieleensä (ts. mentaalimalli). Siitä tulee selvittää ainakin:

- 1) Ohjelman primäärinen käyttötarkoitukseluokka
- 2) Ohjelman ”ensisilmäys”-näkyvä¹³
- 3) Tapa aloittaa työskentely tai jatkaa työskentelyä
- 4) Ohjelman ensisijainen syöte/tuloste -mekanismi
- 5) Ohjelman toimintojen/työkalujen tarvittavat pääluokat
- 6) Keino löytää luotettavalla tavalla oikea työkalu pääluokista alaspäin päätellen
- 7) Käsitys ohjelman kanssa työskentelyn lineaarisesta additiivisuudesta, verkkomaisuudesta ja/tai muokattavuudesta
- 8) Kyky nähdä työskentelyprosessi kokonaisuutena
- 9) Tapa saada ohjelmasta lopputulos joko esitystä varten tai jatkotyöskentelyn osaksi muissa konteksteissa

Houkuttelevasti suunnitellut yksityiskohdat ovat hyödyllisiä silloin, kun opiskelijan yleinen kuormitustaso on jo valmiiksi alhainen. Kun kuormitustaso on korkea, houkuttelevat detaljit saattavat olla jopa haitaksi (Park ym., 2011). Tiedon esittämisen voi myös tahdittaa siten, että vastaanottavan tahon kognitiivisessa kuormituksessa ei esiinny äkillisiä ja suuria vaihteluita. On tärkeä minimoida käyttäjän tarvitsema työmuisti eri työskentelyn vaiheissa. Kaikki keinot ohjata huomiota palautuvat lopulta ihmisen neurobiologiaan (Amadiou ym., 2011).

Animaatiot ja dynaamiset interaktiiviset visuaaliset esitykset alentavat merkittävästi tarvetta opiskelijan spatiaaliselle hahmotuskyvylle (Höffler & Leutner, 2011). Kognitiivinen kuormitus, jota tarvitaan staattisten kuvien kompensointiin mentaalimallien avulla, poistuu. Animaatiot eivät toisin sanoen anna suoraan

13 Ohjelman ensimmäinen näkymä heti käynnistyksen jälkeen.

parempia oppimistuloksia kaikille, vaan tasoittavat opiskelijoiden mahdollisuutta oppia.

Sekä animaatioiden että ohjelmien sisäistämisessä kognitiivisen kuormituksen taso alenee merkittävästi toiston myötä (Amadiieu ym., 2011). Tärkeintä lieneekin tutkia nimenomaan ensikäytön ja -kokemuksen aiheuttamaa kognitiivista kuormitusta. Visuaaliset vihjeet ja symbolit vähentävät erityisesti sitä kognitiivista kuormitusta, joka syntyy relevantin tiedon ensimmäisestä etsimisvaiheesta.

Merkittävin ero opetusanimaatioiden ja -ohjelmien käytön välillä on interaktiivisuus. Useimmat animaatiot eivät ole interaktiivisia, mutta kaikki Digabin -ohjelmistot vaativat interaktiivisuutta toimiakseen halutulla tavalla. Kun ottaa huomioon, että fysiikan kokeissa ja ylioppilaskokeissa tehtävät voivat vaatia monella eri tavalla laadittuja vastauksia, tulee kokelaalle paljon ”ensimmäisiä kertoja”, jotka aiheuttavat ylimääräistä kognitiivista kuormitusta. Tämä pitää paikkansa erityisesti YO-kokeiden jokeritehtävissä.

3.3 Käytettävyydstutkimus

Käytettävyydstutkimuksen eräs perusteos on tanskalaisen Jakob Nielsenin ”Usability engineering (1993)”. Sen yleistä käytettävyysteoriaa voi pitää relevanttina myös ohjelmistosuunnittelussa, koska digiohjelmat pitävät sisällään selkeän ”käyttäjä-järjestelmä” -rajapinnan (Hietakymi, 2014).

Käytettävyyden voi sanoa olevan osa laajempaa hyväksyttävyyden käsitettä, joka puolestaan jakautuu käytännölliseen hyväksyttävyyteen ja sosiaaliseen hyväksyttävyyteen. Käytännöllisen hyväksyttävyyden kriteerejä ovat luotettavuus, yhteensopivuus, kustannustehokkuus ja käyttökelpoisuus (Nielsen, 1993). Käyttökelpoisuuden voi vielä jakaa hyödyllisyyteen ja käytettävyyteen, joista jälkimmäinen on käsittelymme keskiössä.

Hyödyllisyys on pohjimmiltaan sitä, kuinka hyvin tutkittava asia/järjestelmä/työkalu sopii siihen tarkoitukseen, mihin se on suunniteltu (Nielsen, 1993). Täten

hyödyllisyys korreloi järjestelmän toiminnallisuuden kanssa. Toiminnallisuus ei itsessään riitä, jos käyttörajapinta on heikkoa. Tässä kohtaa nousee esiin varsinainen käytettävyyden käsite, joka kertoo käyttäjän vuorovaikutuksesta järjestelmän kanssa.

3.3.1 Käytettävyyden arviointikriteerit

Käytettävyyttä voi arvioida kriteereillä, joista kullekin voi antaa tietyn kokemuksperäisen skaalan (Nielsen, 1993). Hyviä kriteerejä ovat esimerkiksi:

1) Opittavuus

Opittavuus pohjimmiltaan antaa skaalan sille, miten helposti ja nopeasti kokeilmaton ja aloitteleva käyttäjä oppii työkalun/järjestelmän pohjimmaisesta toimintaperiaatteen. Tämän mahdollistaa suoraviivaiseksi ja mutkattomaksi suunniteltu käyttöliittymä.

2) Tehokkuus

Tehokkuus antaa skaalan sille, miten hyvin jo kokenut ja harjaantunut käyttäjä pystyy valjastamaan järjestelmän/työkalun tuottavimpaan mahdolliseen käyttöön. Tämä voi esimerkiksi tarkoittaa erilaisia pikakomentoja ja oikoreittitoimintoja, jotka nopeuttavat etenkin toistoa vaativia vaiheita. Myös vapaamuotoinen ohjelmoitavuus tuo tehokkuutta (Hietakymi, 2014). Huonosti skaalautuva ohjelma voi kyllä olla helppokäyttöinen aloitteleville käyttäjille, mutta ei käyttöliittymänsä puolesta tarjoa vaihtoehtoja nopeampaan työskentelyyn.

3) Muistettavuus

Järjestelmän muistettavuus ilmaisee käyttöliittymän johdonmukaisuutta siten, että käyttäjän on helppo muistaa ajatuksenjuoksu hänen suorittaessaan monivaiheista tehtävää. Hyvä opittavuus tukee myös hyvää muistettavuutta. Muistettavuus on erityisen tärkeää tilanteissa, missä käyttöaika on rajallista tai käyttökertojen välillä on kulunut merkittävästi aikaa.

4) Virheettömyys

Virheettömyys antaa skaalan työkalun/järjestelmän laadulle. Tyypillisesti tehdyille tuotteille määritetään jo valmistusvaiheessa normaalia käyttöä varten tarpeeksi pieni virhemarginaali. Usein käyttäjille tuotteistetut työkalut/järjestelmät ovat niin kompleksisia, että toimintoon liittyviä virheitä ei voi täysin poistaa, mutta prioriteetti onkin usein ns. katastrofaalisten virheiden minimointi. Virheiden vakavuudelle on skaala, mutta myös virheiden syntyperä vaihtelee. Osa käyttäjän kokemista virhetilanteista on hänen itse aiheuttamiaan, mutta toiset virheet ovat puhtaasti järjestelmän vaillinaisuudesta johtuvia. Hyvin suunniteltu järjestelmä osaa ohjata käyttäjää oikeaan suuntaan käyttöön liittyvien virheilmoitusten avulla.

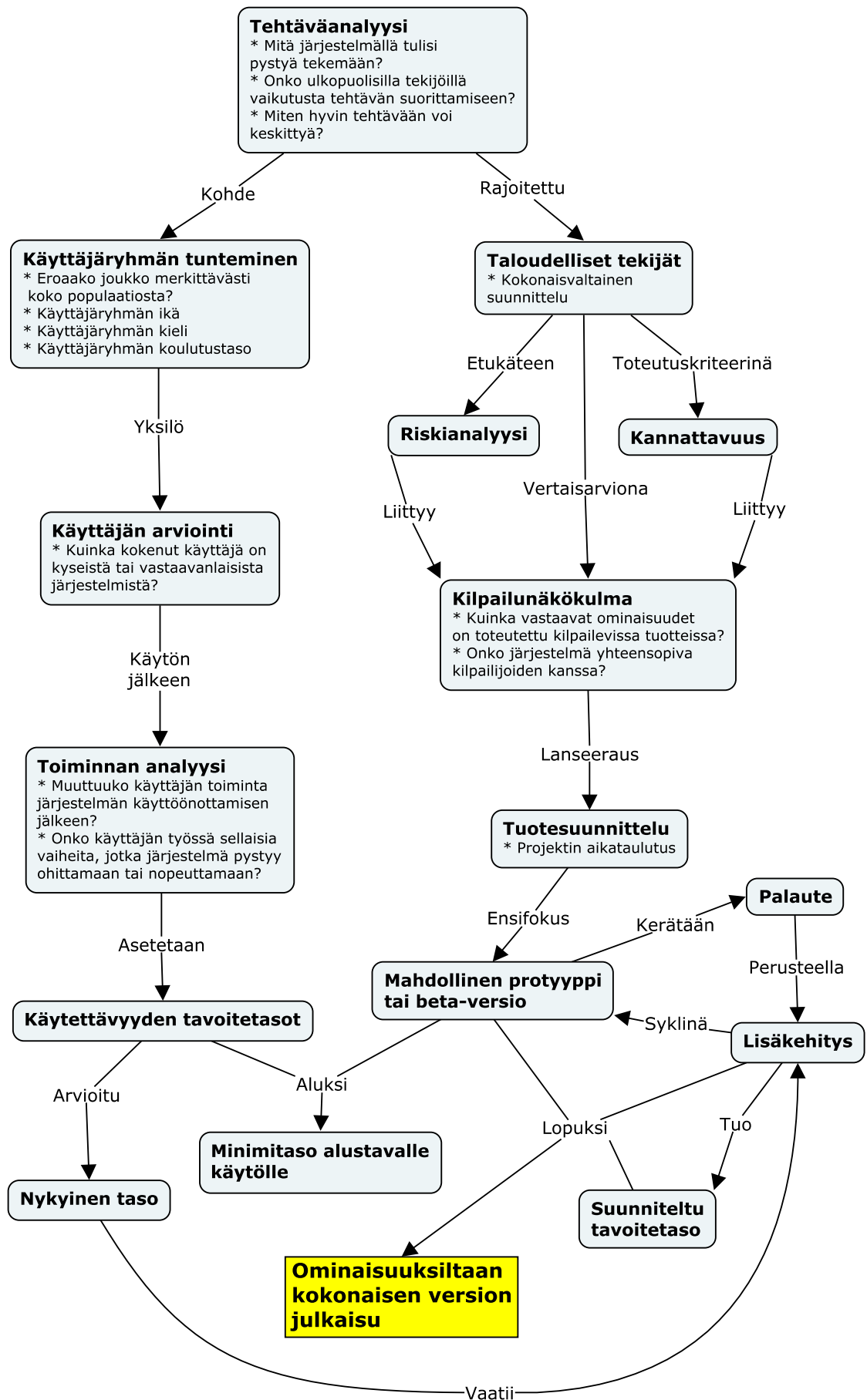
5) Tyytyväisyys

Tyytyväisyys mittaa käyttäjän subjektiivista käyttökokemusta ja antaa sille skaalan. Käyttökokemuksia voi kartoittaa kysymällä suoraan tarpeeksi suurelta joukolta käyttäjiä, jolloin on mahdollista muodostaa tilastollisesti merkittäviä trendejä. Suurella kyselyjoukolla on mahdollista myös luoda vastauksista korrelaatioita vastaajien ikään, sukupuoleen, harrastuneisuuteen ja muihin ominaisuuksiin.

3.3.2 Käytettävyyden elinkaari

Käytettävyydellä on oma elinkaarensa (engl. *usability life cycle*). Sitä voi ajatella moniportaisena tehtävälistana, joka tulisi käytä läpi jo järjestelmän suunnittelu- vaiheessa (Nielsen, 1993). Käytettävyys on olennainen osa koko tuotekehitystä ja monet samat kriteerit, jotka takaavat onnistuneen käytettävyyden, pätevät myös tuotteen muiden osien kanssa. Nielsenin esittämä käytettävyyden elinkaari on esitetty pääpiirteissään kuvassa 18.

Olennaisimmat osat käytettävyyden elinkaarta ovat ensin tuotteelle määritellyn minimitason toteuttaminen ja sen jälkeen ”palaute-kehitys” -syklin ylläpitäminen.



Kuva 18. Käytettävyyden elinkaari

3.3.3 Käytettävyystavoitteita Digabi -käyttöjärjestelmälle

Jo pieni määrä käytettävyystudkimusta on merkittävästi parempi vaihtoehto kuin ei tutkimusta ollenkaan. Tiettyjä käytettävyyden osa-alueita voi tilanteen vaaties-
sa priorisoida. Tarkastelututkimus itse voi koostua esimerkiksi käyttäjä- ja tehtä-
vätarkkailusta, skenaariotutkimuksesta ja heuristisesta arvioinnista.

Eräs käytettävyyssmielessä tärkeä aspekti on segmentoida työ- ja ajattelupros-
sessi siten, että yhteen segmenttiin ei kohdistu liikaa kognitiivista kuormitusta.
Toisin sanoen yksi välivaihe ei saa sisältää liian montaa toimenpidettä. Jokainen
segmentti ei myöskään saa olla liian haastava, jotta käyttäjä voi jatkaa vaivatto-
mammin eteenpäin. Yleinen käyttötyytyväisyys korreloi vahvasti motivaation
kanssa. On epäsuotuisa tilanne, jos opiskelija on jo valmiiksi huonosti motivoitu-
nut opiskeltavaan aiheeseen ja joutuu kokemaan huonoja kokemuksia myös
käytettävästä digiohjelmasta kaiken päälle (Wells & McCrory, 2011).

Wellsin tutkimuksessa opiskelijoiden vahva spatiaalinen hahmotuskyky auttoi
merkittävästi graafisten käyttöjärjestelmien oppimisessa. Opiskelijat, jotka olivat
pärrjänneet tutkimuksen kokeessa huonoiten, olivat olleet tottumattomia moni-
mutkaisen digijärjestelmän epälineaariseen työskentelyyn ja kadottaneet heille
luonnollisen ongelmanratkaisutavan (Wells & McCrory, 2011).

Monimutkaisempien ohjelmistojen (esim. piirto-ohjelmat) oppiminen on todennä-
köisesti helpompaa, jos sen antaa erilliseksi ryhmätyötehtäväksi. Tällöin yksit-
täisten opiskelijoiden kognitiivinen kuormitus ohjelmien ensimmäisestä käyttö-
kerrasta vähentyy merkittävästi ja saattaa alentaa tulevaisuudessa käyttöpelkoa
(Zhang, Ayres, & Chan, 2011).

Digabi -järjestelmän käytettävyyttä arvioidessa relevanteimmat kriteerit lienevät
opittavuus ja tehokkuus. Tehokkuutta voi myös kvantifioida mittaamalla työsken-
telyyn kuluva aikaa. Jatkotutkimuksena tarvitaan lisää dataa, missä suoritusai-
koja on mitattuna sekuntikellolla ja niistä luodaan korrelaatiota tehtävän oikeelli-
suuden kanssa.

Tiivistettynä jokaiselle tarkoituksenmukaisesti toimivalle järjestelmälle pitää löytyä seuraavat piirteet:

- 1) Yksinkertainen ja luonnollinen kielenkäyttö
- 2) Ulkoa muistettavien asioiden minimointi
- 3) Johdonmukaisuus
- 4) Ohjaava palautemekanismi virheilmoituksineen ja virheiden ennaltaehkäisy
- 5) Peruuttamismahdollisuus
- 6) Oikotiet ja pikatoiminnot
- 7) Tuki, ohjeistus ja apuneuvot

Tyypillisten Digabi -ohjelmien tapauksessa käyttäjän heuristinen arviointi antaa mielekkäintä palautetta jatkokehitystä varten. Esimerkkinä yhden Digabi -ohjelman (Geogebra) käytettävyyttä on arvioitu Nielsenin kriteereillä liitteessä 1.

3.4 Sähköisen kirjoittamisen kognitiivinen prosessi

Marshall McLuhan¹⁴ painotti radion ja television osalta samaa kommunikatiivista vallankumousta kuin mitä kirjapaino aikanaan aiheutti. Teknologia itsessään sanelee ihmisten käyttäytymisen muutosta enemmän kuin teknologian avulla tehdyt viestit. Sitä tarkoittaa hänen kuuluisa lausahduksensa ”*The medium is the message*”.

Internetin ja digitaalisen kirjoittamisen aikana viestintä on muuttunut entistä dynaamisemmaksi ja muokattavammaksi, mutta samaan aikaan teksti on kokenut auktoriteetin laskua. Kun kopioiminen ja muokkaaminen on salamannopeaa, katoaa tekstintuottajan kognitiivisen prosessin ketjusta osia ja voi sanoa, että teksti on vähemmän kirjoittajansa näköistä (Åkerfeldt, 2014). Digitaalisen kirjoituksen merkittävin kognitiivinen ja toimintamodaalinen ero käsinkirjoittamiseen verrattuna aiheutuu jälkimuokkauksen helppoudesta (Åkerfeldt, 2014). Tämän helppouden tiedostaminen vaikuttaa koko siihen tapaan, miten suuria tekstikonaisuuksia lähtee työstämään.

14 Biografia-artikkeli: https://en.wikipedia.org/wiki/Marshall_McLuhan

Kirjoittamisprosessille voi määrittää pääasiassa kolme eri toimintamoodia.

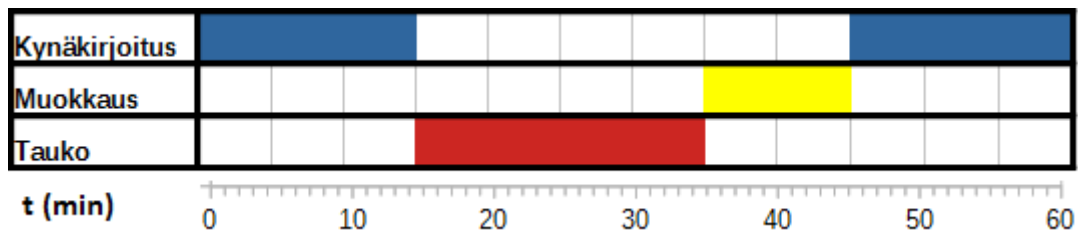
- 1) Uuden tekstin kirjoittaminen näppäimillä tai kynällä
- 2) Olemassa olevan tekstin muokkaaminen pyyhekumilla tai digitaalisesti
- 3) Mietintätauco (pidempi kuin 3 sekuntia)

Åkerfeldtin aineisto on kolme eri yhdeksäsluokkaa Ruotsista, jotka olivat kaikki käyttäneet kannettavia tietokoneita säännöllisesti seitsemänneistä luokasta lähtien. Tutkimuksen aikana he tekivät normaalit historian ja kemian välikokeet sitten, että toinen kontrolliryhmä kirjoitti käsin ja toinen kontrolliryhmä kirjoitti sähköisesti.

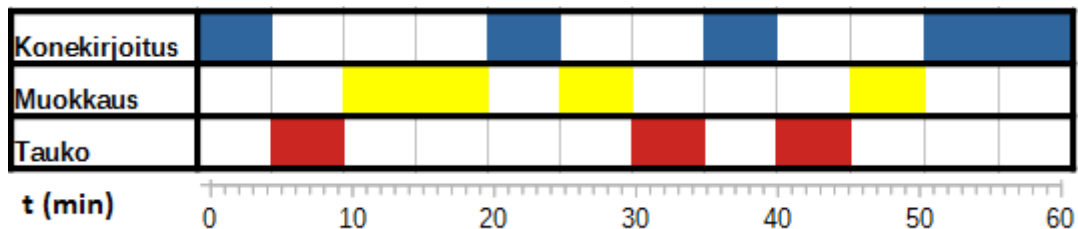
Digitaalisessa kokeenteossa ei usein ole rajoitettua sanamäärää vastauksille tai sitten raja on suuri. Käsinkirjoituksessa fyysinen tila on kuitenkin merkittävä rajoite, jonka puitteissa työskentelyä tulee aina ajatella. Suorassa koepaperivastauksessa tilanpuute on ilmeisempi, mutta myös vapaamuotoisessa konseptipaperikirjoituksessa opiskelijat usein suosivat sitä, että vastaus mahtuu kokonaisuille sivuille tai konsepteille eikä jatku siitä hieman yli. Lisäksi he joutuvat miettimään sitä, miten paljon on jälkikäteen mahdollista korjata keskeltä pitkää tekstiä ilman, että joutuisi kirjoittamaan koko loppuosion uudestaan. Joskus tilanpuutetta kompensoidaan piirtämällä ylimääräisiä nuolia uusiin vapaisiin kohtiin, joissa vastausta jatketaan (Åkerfeldt, 2014).

Konekirjoituksessa ja käsinkirjoituksessa on toimintamoodien pituuksien ja vaihteluiden määrä vaihtelee suuresti. Merkittävää on taukojen pituus. Konekirjoituksessa pidetään enemmän ja lyhyempiä taukoja, mutta erityisesti muokataan vanhaa tekstiä paljon useammin. Käsin kirjoittaessa on ehkä vähemmän taukoja kaiken kaikkiaan, mutta niiden pituus on huomattavasti suurempi. Vaikuttaisi siltä, että kokelas käyttää tämän ajan pohtiakseen aiheisisällön lisäksi myös ilmaisutapoja paremmin etukäteen (Åkerfeldt, 2014).

Perusteellisempi etukäteissuunnittelu tulee tarpeeseen, sillä opiskelija tietää jälkimuokkauksen olevan vaivalloisempaa käsin kirjoittaessa. Digitaalisessa työskentelyssä kirjoitusohjelmien (esim. Word) automaattinen korjaus vähentää lisäksi jälkimuokkauksen tarvetta jonkin verran.



Kuva 19. Kemian kokeen suorittamisen aikana esiintyvät toimintamoodit kynäkirjoituksessa Åkerfeldtin datankeruuta mukaillen. [12]



Kuva 20. Kemian kokeen suorittamisen aikana esiintyvät toimintamoodit konekirjoituksessa Åkerfeldtin datankeruuta mukaillen. [13]

Ilmaisutavan parempi miettiminen on kuitenkin kognitiivisesti hyödyllistä, sillä kun pitää miettiä pidempien tekstikokonaisuuksien kirjoittamisasettelu etukäteen, pitää myös miettiä suurempia asiasisältökokonaisuuksia etukäteen. Parhaimmillaan tekstistä saa kirjoitettu holistisempaa ja loogisesti eheämpää.

Toisaalta digikirjoittaminen ilman spatiaalisia rajoituksia antaa paremmat mahdollisuudet ilmaista itseään täysin vapaasti, mutta toisaalta kirjoittamisen suurempi epälineaarisuus ja fokuksen väliaikainen keskittyminen kirjoitusohjelman osoittamiin kirjoitusvirheisiin voi haitata kokonaisvaltaista keskittymistä käsiteltävään aihesisältöön. Ylipäänsä toimintamoodien vaihteluiden suurempi määrä siirtää fokuksen kohdetta useammin (Åkerfeldt, 2014). Toisaalta taas moderni työelämä vaatii rinnakkaistyöskentelyä enemmän, ja sitä voi harjoituttaa toistuvalla konekirjoituksella.

Jo tutkimuksen alussa oli selvää, opiskelijoiden resurssit ja työkalut vaikuttivat heidän kirjoittamiseen ja jopa määrittävät sitä, miten hyvin he voivat tuottaa oman tietämyksensä koulutehtäviin tai koevastauksiin (Åkerfeldt, 2014). Vaikutti siltä, että konekirjoituksella kokeita suorittaneet opiskelijat käyttivät tietokone-tansa ajatuksen apuna tai osana ajatuksenvirtaa. Oli tyypillistä, että opiskelijat aloittivat saman lauseen useamman kerran vain yrittäessään keksiä heidän mielestään parasta mahdollista ilmaisutapaa. Tällöin konekirjoittamisen funktio on olla suoraan ajatuksenjatketta. Muokkaamisten suuri määrä voi pahimmil-laan asynkronisoida alkuperäistä ajatuksenjuoksua, jos muokkaamisen jälkeen ei tarkastele kappaletta uutena kokonaisuutena (Åkerfeldt, 2014).

Tulososiossa (luku 5) esitämme hypoteesina, että myös Suomessa lukiolaiset työskentelevät Abitti -kokeissa käyttäen konekirjoitusta ajatuksenjuoksun apuna. Hypoteesia testataan kyselyssä arvioitavana väittämänä.

4 Tutkimuskysymykset ja -menetelmät

4.1 Tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena oli luoda yleinen katsaus Digabi -käyttäjärjestelmään, sen ohjelmistovalikoimaan ja erilaisiin kriteereihin, miten sen käytettävyyttä voi arvioida. Käytettävyyden ja koetun kognitiivisen kuormituksen kannalta relevantein tieto saadaan kuitenkin varsinaisten käyttäjien subjektiivisista arvioista. Tätä varten suoritettiin nettikysely, jonka tarkemmat yksityiskohdat on mainittu luvussa 4.3.2. Sen aineisto osoittautui poikkeuksellisen leveyssuuntaiseksi, sillä vastaajia löytyi tasaisesti ympäri Suomea. Samalla käytettiin myös aiempaa tutkimustietoa referenssinä siltä osin kuin se oli sopivaa.

Nettikyselyn perusteella selvitettiin mahdollisia vastauksia seuraaville tutkimuskysymyksille:

- 1) Miten tyytyväisiä lukiolaiset ovat keskimäärin Digabin tekniseen toteutukseen?
- 2) Mitkä Digabin ohjelmat ovat suosituimpia kuhunkin tarkoitukseen?
- 3) Miten paljon lukiolaiset kokevat kognitiivista kuormitusta, joka liittyy digitaaliseen työstämistapaan? Onko määrällä eroa riippuen tehtävätyypistä?
- 4) Hyväksyvätkö lukiolaiset hypoteesin konekirjoittamisen kognitiivisista toimintamooodeista, joita Åkerfeldt on myös tutkinut?
- 5) Miten lukiolaiset kokevat syntaksiin pohjautuvien ja graafisiin valikoihin pohjautuvien matematiikkaohjelmien käytettävyyden? Onko käytössä eroja?
- 6) Millaisina ensimmäiset fysiikan sähköiset ylioppilaskokeet koettiin?
- 7) Miten hyvin uuden opetussuunnitelman koettiin antavan valmiuksia?
- 8) Millaista vaikutusta on kyselyryhmän valikoituneisuudella? Miten poikittainen vastausaineisto eroaa pitkittäisestä, kun kyse on koetusta it-osaamistaidoista ja ohjelmistomieltymyksistä?
- 9) Onko korrelaatioanalyysin avulla havaittavissa trendejä, joiden avulla voi muodostaa vastaajajoukosta samalla tavalla vastaavia aliryhmiä (ks. luku 4.4)?

4.2 Pitkittäinen ja leveyssuuntainen kyselyaineisto

4.2.1 Data-aineisto 2018

Tutkimusosiossa on hyödynnetty rajoitetusti vanhempaa vuoden 2018 kyselyaineistoa, joka kerättiin alun perin Helsingin Normaalilyseon lukion FY02 -ryhmältä keväällä 2018. Kyseisen kyselyaineiston pääasiallinen tarkoitus oli tutkia lukiolaisten asenteita ja suhtautumista eri digitaalisen opiskelun puoliin. Kysely tehtiin pedagogisiin opintoihin kuuluvaa aineenopettajien seminaarikurssia varten. Tutkimus oli tapaustutkimus, missä pidettyjen fysiikan tuntien aikana suoritettiin kokeiluluontoisesti erilaisia digitekniikkaa hyödyntäviä opetusmetodeja. Kyselyaineisto kerättiin FY02-ryhmältä harjoittelukauden päättyessä, ja sen pääasiallisena tarkoituksena oli antaa palautetta pidetyistä tunneista.

Suurin osa aiemman kyselyaineiston kysymyksistä liittyvät enemmän suhtautumisiin eri opetusmetodeihin, mutta muutama Digabin -ohjelmavalintoihin ja -mieltymyksiin liittyvä kysymys voi toimia referenssidatana tämän opinnäytetyön aiheeseen. Tärkeintä on huomata, että data-aineistossa 2018 on olennainen ero verrattuna uuteen: se on kerätty 23 henkilöltä, jotka ovat kaikki samassa opetusryhmässä, siinä missä uudessa 53 henkilön aineistossa melkein kaikki ovat eri lukioista kotoisin.

Näin ollen tulee mahdolliseksi tarkastella pitkittäisen ja poikittaisen vastausaineiston eroja. Hypoteesina on, että yhdestä opetusryhmästä kerätyssä vastausaineistossa ohjelmistovalinnat ovat hyvin saturoituneita, koska opettajat yleensä keskittyvät opettamaan vain tiettyjen ohjelmien käyttöä. Vertailun tärkein syy on tunnistaa vastausjoukkojen piirteiden aiheuttamaan poikkeamaa vastauksissa.

4.2.2 Data-aineisto 2019



Kuva 21. Reddit -keskustelufoorumille luotu uusi ketju, joka linkittää Google Form -kyselylomakkeeseen.

Uusi aineisto kerättiin *www.reddit.com* -sivuston "r/suomi" -osastolta, mihin luotiin uusi kyselylomakkeeseen linkkaava keskusteluketju perjantaina 10.5.2019. Sähköinen kyselylomake luotiin Google Form -työkalun avulla. Näkyvyyttä auttoi, että ketju sai 30 ylä-ääntä. Kyselylomake itse sai 53 vastausta, joista yksi piti hylätä (ks. luku 5.1.2). Kysely suljettiin sunnuntain loppupäivästä 12.5.2019.

Ketjussa oli myös 6 kommenttia, joissa mm. täsmensin vielä tutkimuksen olennaisia yksityiskohtia etenkin vastaajien yksityisyyteen liittyen. Yksi kommentista antoi tärkeätä palautetta kyselylomakkeesta ja noteerasi yhden tärkeän puutteen vastausvaihtoehdoista. Palaute tuli kuitenkin niin myöhään, että lomaketta ei enää kannattanut korjata. Uuden vaihtoehdon lisääminen 50 vastauksen jälkeen ei lisäisi aineiston luotettavuutta.

Tästä aineistosta tuli luonteeltaan leveyssuuntainen, mikä täydentää aiempaa pitkittäissuuntaista aineistoa. Vastaajia löytyi todella monesta eri lukiosta (ks. luku 5.1.1). Hypoteesina on, että uudessa aineistossa ohjelmavalintoihin liittyvät vastaukset noudattavat suurempaa hajontaa.

4.3 Vastaajajoukkojen korrelaatioanalyysi

Google Form antaa kaikki vastaukset CSV -tiedostoina, joista voi eritellä jokaisen vastausrivin. Mielenkiintoisia korrelaatioita etsiessä samalla tavalla vastaneita voi niputtaa vastaajajoukon aliryhmiksi. Voimme valita muutaman tärkeän vastaajaryhmän vertailun, jotka eivät suoraan näy Google Form -tuloksista. Valituista riveistä voi muodostaa uusia datajoukkoja, joita voi käsitellä taulukko-ohjelmilla. Vertailulla pyrittiin vastaamaan tutkimuskysymykseen 9. Arvioimme seuraavia mahdollisia trendejä luvussa 5.4:

5.4 A) Onko eroja syntaksiohjelmia ja editoriohjelmia käyttävien välillä sen suhteen, miten nopeana he pitävät omaa työskentelyään verrattuna käsinkirjoittamiseen?

5.4 B) Millainen korrelaatio digitaalisen työskentelyn osaamisen ja työskentelymetodien valinnan välillä on?

5.4 C) Millaista kognitiivista kuormitusta koki se joukko, joka piti digitaalista kirjoittamista nopeana? Entä käsinkirjoittamisesta puoltavat?

5.4 D) Miten lukion vuosiluokat (ykköset, kakkoset ja abit) kokevat kognitiivista kuormitusta?

5.4 E) Miten koetut sanallisten, matemaattisten ja data-tehtävien laadut vertautuvat toisiinsa?

5.4 F) Millaisia työskentelytapoja oli eniten kognitiivista kuormitusta kokevilla?

Korrelaatioanalyysissä otetaan huomioon vastausvaihtoehdoissa tarkkuutta rajoittava Likert -skaala siten, että vain jaamme useimmiten vastaukset karkeasti kahteen joukkoon: puolesta ja vastaan. Joidenkin kysymysten vastauksissa Likert-skaalan ääripää korostuu voimakkaammin, jolloin tämän ääripään osuus korrelaatioanalyysissä mainitaan erikseen.

5 Vastausaineisto ja analyysi

5.1 Kyselyaineiston peruspiirteet

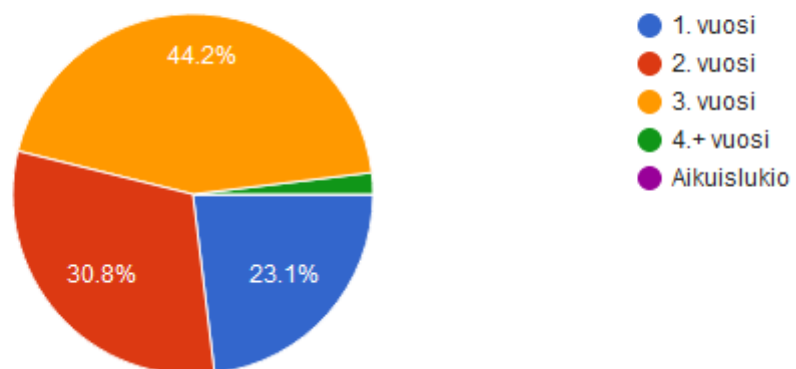
5.1.1 Osio 1: Vastaajaryhmän yleiset tiedot

Reddit -sivuston kyselyn vastaajat olivat hyvin moninainen ryhmä ja käsittivät 43 eri lukiota. Vastaajaryhmän lukiot sijoittuvat tasaisesti ympäri Suomea, mikä tekee vastausaineistosta hyvin leveyssuuntaisen. Sukupuoli oli ehkäpä ainoa vastaajapiirre, jossa ei ollut vaihtelua: 53 vastaajasta ainoastaan yksi oli nainen. Tätä selittää se, että Reddit -sivuston käyttäjäkunta on keskimäärin hyvin miespainotteinen.

Perustiedot vastaajaryhmästä kerättiin Google Form -kyselyn ensimmäisessä osassa. Lähes puolet vastaajista olivat abeja, kakkosia noin 30% ja ykkösiä noin 23%. Tutkimme luvussa 5.3, minkälainen korrelaatio opiskelijan vuosikursilla on hänen kokemalle kognitiivisille kuormitukselle Abitti -kokeiden aikana. Hypoteesina on, että abien tulisi olla harjaantuneempia koejärjestelmän kanssa, joten heidän kuormittuneisuutensa olettaisi olevan alhaisempi.

Lukio-opintojeni vaihe:

52 responses



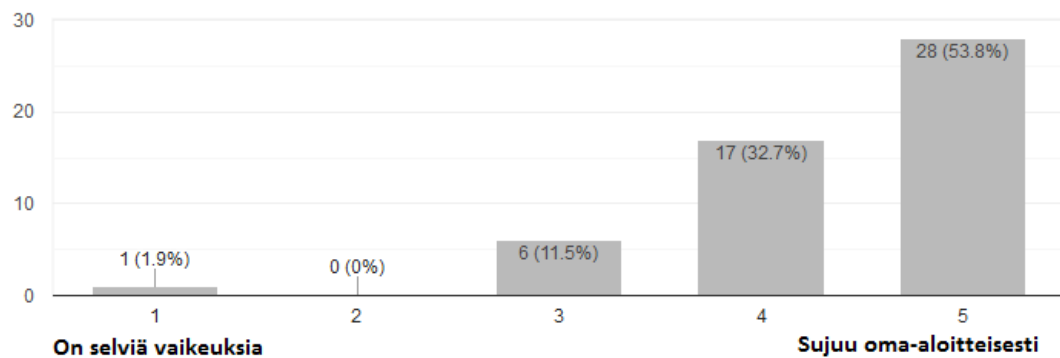
Kuva 22. Vastaajajoukon vuosikurssin jakautuminen

Vastaajajoukko osoittautui olevan jonkin verran valikoitunut, sillä kysyttäessä peruskoulun fysiikan päättöarvosanaa 82,7% oli saanut joko 9:n tai 10:n. Säh-

köisiin ylioppilaskirjoituksiin oli kerennyt osallistumaan 44% vastaajista. Reddit -käyttäjäkunta on myös keskimäärin tietokoneita harrastavaa, joten ei liene yllättävää että oma osaaminen arvioitiin korkealle (ks. kuva 23).

Miten arvioisit oman osaamisesi tietotekniikan suhteen ylipäänsä?

52 responses

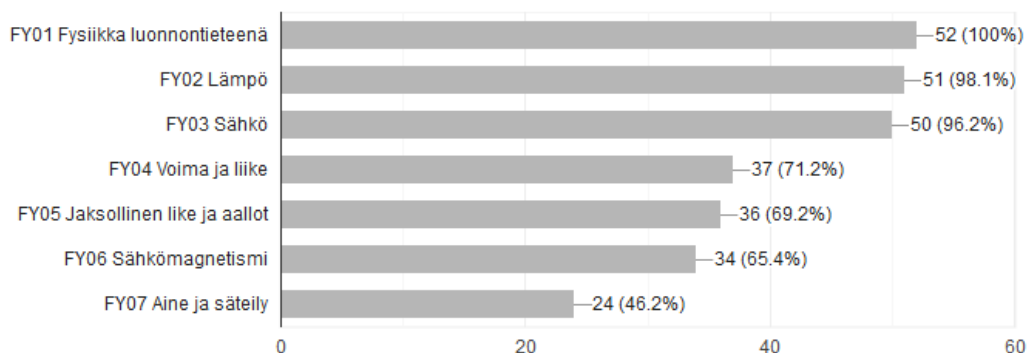


Kuva 23. Subjekttiivinen käsitys omista it-taidoista.

Olen käynyt tai käyn juuri nyt seuraavat fysiikan kurssit:



52 responses



Kuva 24. Käydyt lukion fysiikan kurssit.

Tyypillisellä fysiikan tunnilla lähes kaikilla oli käytössä kannettava tietokone, 80%:lla erillinen fyysinen oppikirja, 69%:lla fyysiset kirjoitusvälineet sekä vihkot ja noin 40% halusi edelleen käyttää erillistä fyysistä laskinta. Vaikka nykyään voi opiskella ainoastaan kannettavan tietokoneen kanssa, selvästi suuri osa kaipaa edelleen fyysisiä oppikirjoja ja laskimia oppituntien tueksi.

Data-aineisto 2018 (FY02 -ryhmä) sisälsi 23 vastaajaa, joista 12 oli naispuolisia ja 11 miespuolisia lukiolaisia. He kokivat it-taitonsa huonommaksi kuin data-ai-

neisto 2019: vain 30% antoi itselleen parhaan arvosanan. He kokivat myös enemmän keskittymishäiriöitä digitaalisessa työskentelyssä.

5.1.2 Luotettavuus

Sosiaalisen median avulla tehdyissä kyselytutkimuksissa on aina tietty luotettavuuden riski, joka kumpuaa jo anonyymisyydestä. Lisäksi internetin toimijat eivät välttämättä ole kaikki ihmisiä, vaan osa interaktiivisuudesta voi olla ohjelmoitujen bottien aikaansaannosta. On kuitenkin syytä uskoa tämän aineiston vastausrehellisyyteen. Kävin kaikki 53 vastausriviä yksitellen läpi ja ainoastaan yksi vastausrivi poikkesi niin räikeästi muista epäasiallisine kommentteineen ja epäloogisine valintoineen, että tämän vastausrivin pystyi suoraan hylkäämään. Loput 52 vastausta hyväksyttiin.

Ohjelmavalintoihin ja muihin tottumuksiin liittyvät kysymykset saavat yllättävän suuren validiteetin näin laajalla lukiolistalla. Tämä johtuu siitä, että jo yksi vastaus kertoo paljon kyseisen lukion linjasta ja siitä, minkä työkalujen käyttöön opettajat opastavat. Toki vielä paremman luotettavuuden saa suuremmilla vastausmäärillä ($n=1000$ tai $n=10000$).

Suurin luotettavuutta heikentävä asia on vastaajajoukon valikoituneisuus. Reddit -yhteisö on vahvan miespuolinen ja usein myös tietotekniikkaa harrastava. On siis oletettava, että tässä saadut kyselytulokset edustavat rajoitettua kuvaa lukiolaisten keskimääräisestä digi-osaamisesta ja -kiinnostuksesta. Keskimääräistä suurempi itseluottamus tietotekniikkaa kohtaan aiheuttaa sen, että vastauksista tehtävät trendit ja yleistyksen ovat melko optimistisia. Suuria koko ikäluokkaa koskevia yleistyksiä kannattaa tehdä vain varauksella.

Koska vain yksi vastaaja oli naispuolinen, mitään potentiaalisia eroja käyttökokemuksissa ei ollut mahdollista tutkia sukupuolten välillä. Tämä jää jatkotutkimuksen aiheeksi.

5.2 Vastaukset

Google Form -kyselyn vastaukset käsitellään seuraavassa hieman eri järjestyksessä kuin alkuperäisessä kyselyssä. Suurin ero on siinä, että alun perin neljäs osio käsitti muun yleisen palautteen, mutta tässä käsittelyssä on järkevämpää nivoa yhteen tehtävien laatuihin liittyvät kysymykset, joita oli jokaisessa osiossa, ja tehdä niistä selkeämpi yhteenveto.

5.2.1 Osio 2A: Digabi -kokemukset

Vastaajista 17,3% oli oma-aloitteisesti kokeillut Digabin asentamista ja käyttöä kotona. Tämä tarkoittaa siis käytännössä sitä, että lukiolainen on oma-aloitteisesti etsinyt Digabi:n nettisivuilta¹⁵ levynkuvatiedostot ja seurannut ohjeita niiden asentamisesta USB-tikulle. Levynkuvista on kaksi versiota: Opiskelijan koneelle tarkoitettu ja koetilan palvelimelle tarkoitettu. Opiskelijan omalle koneelle tarkoitettua USB-tikkua voi kokeilla kotona ilman koejärjestelyä. Tämän hyöty on erityisesti siinä, että opiskelija oppii oman laitteensa käynnistysvalikon käytämisen ja pystyy alustavasti suunnistamaan Digabi -käyttöjärjestelmän sisällä. On merkittävää hyötyä ennen lukiolaisen ensimmäisiä sähköisiä kokeita opetella Digabin perusohjelmien käyttöä ja käyttöliittymien struktuuria. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että suurimmalle osalle vastaajista riittää yhteiset Digabi -harjoittelu- tuokiot, mitä lukioissa järjestetään. Tai muussa tapauksessa suurin osa vastaajista ei ole tullut ajatelleeksi Digabin kokeilua kotona.

Digabi -käyttöjärjestelmän yleiseen tekniseen toimivuuteen oltiin tyytyväisiä. Vastaajista 94,3 % oli vähintään kohtuullisen tyytyväisiä Digabin äänijärjestelmän toimivuuteen. Vastaavasti nettiyhteyden toimivuuteen oli tyytyväisiä 77% vastaajista. Nettiyhteyden voi luoda RJ-45 -kaapelilla (Ethernet) tai langattomasti Wifin avulla. Merkittävä enemmistö kannettavista tietokoneista kuitenkin tukee Wifiä natiivisti, joten suurin osa sähköisistä kokeista järjestetään täysin langattomasti. Ongelmat nettiyhteyden suhteen voi karkeasti jakaa kahteen eri vakavuusluokkaan. Pahemmat ja harvinaisemmat ongelmat liittyvät Digabi OS:n epätäydelliseen verkkoajurikokoelmaan, jolloin epäyhteensopivat kannettavat

15 Uusin Digabi-versio saatavilla: <https://www.abitti.fi/fi/paivitykset/>

tietokoneet ovat koetilanteissa käyttökelvottomia. Suurempi osa ongelmista ovat kuitenkin satunnaisia ja hetkellisiä yhteyden muodostamiseen ja katkeamiseen liittyviä käytettävyyso ongelmia, jotka eivät välttämättä häiritse koesuoritusta.

Vapaamuotoiset palautteet Digabi -kokemuksista liittyivät Mac -koneiden hitauteen, päivittämisen vaikeuteen ja yleiseen käynnistymisen hitauteen. Huolestuttavasti myös Digabi -päivityksissä ilmeni myös regressiota. Yksi vastaaja kertoi, ettei hänen oli pakko kerran käyttää vanhempaa versiota, koska uusin Digabi-versio ei suostunut käynnistymään.

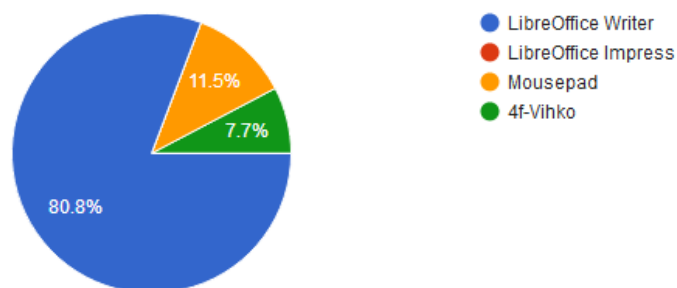
5.2.2 Osio 2B: Digabi -ohjelmistovalinnat

Suurin yhtäläisyys Data-aineistojen 2018 ja 2019 välillä liittyy tiettyihin henkilökohtaisiin mieltymyksiin ja ohjelmistovalintoihin Abitti -kokeiden aikana. Se on yksi niistä osa-alueista, joissa voi tehdä vertailua pitkittäisen ja poikittaisen vastausaineiston välillä.

Kaikissa paitsi täysin suoraviivaisissa tehtävissä ns. suttukirjoittaminen (vapaa muotoinen ja pohdiskeleva muistiinpanojen kirjoittelu) on tärkeä osa tehtävänratkaisua. Suttukirjoittamisen tärkeys on epälineaarisuudessa. Useita ajatuksenjuoksua voi kehittää pidemmälle samaan aikaan. Osalle kokeentekijöistä riittää kuitenkin Abitin avoin tekstikenttä, johon voi lisätä ensin ranskalaisia viivoja ja myöhemmin muuttaa valmiimman näköiseksi vastaukseksi.

Mitä ohjelmaa käytät useimmiten apukirjoittamiseen (esim. muistiinpanot, suttukirjoittaminen) Digabissa?

52 responses

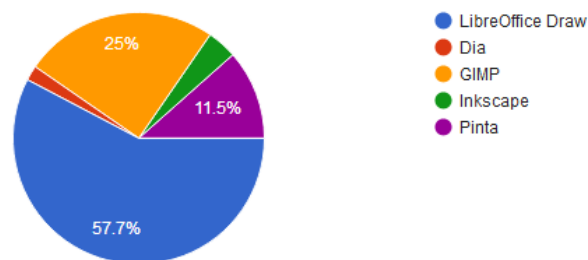


Kuva 25. Kirjoitusohjelmavalintojen osuudet.

LibreOfficen Writer on suosituin 80,8 prosentillaan. Mousepad ja 4f-Vihko ovat kuitenkin myös löytäneet käyttäjäkuntansa. Libre Office on kokonaisuutena hyvin samankaltainen kuin laajasti käytetty Microsoft Office, joten on loogista että tuttu ja turvallinen houkuttaa.

Mitä ohjelmaa käytät useimmiten vapaamuotoiseen kuvien piirtämiseen (esim. fysikaaliset kappaleet, kentät ja voimanuolet etc.) ?

52 responses



Kuva 26. Piirto-ohjelmavalintojen osuudet.

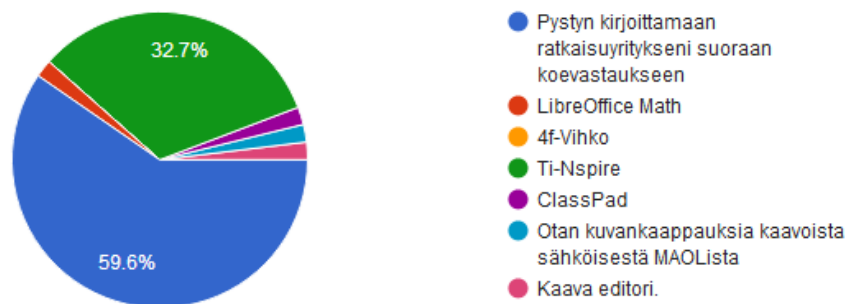
Piirto-ohjelmien suhteen on paljon valinnanvaraa. Digabin tarjoamissa ohjelmissa on merkittäviä eroja toimintatavoissa ja laajuudessa. Kysymyksessä painotettu vapaamuotoinen kuvien piirtäminen suosii kuitenkin enemmän bittikartta -kuvaohjelmia kuin vektori -kuvaohjelmia. LibreOffice Draw on käytettävyydeltään helppo, minkä takia se lienee suosituin 57,7 %:n osuudella. Yllättävin osuus oli kuitenkin GIMP:n 25 %:n käyttäjäjoukko. GIMP on ominaisuuksiltaan ammattitason Adobe Photoshopia vastaava, joten sen optimaalisen käytön opetteluun menee varmasti eniten aikaa verrattuna muihin Digabin piirto-soveluksiin. Vastaajajoukon valikoituneisuus nostaa GIMP:in osuutta, sillä on syytä epäillä että maanlaajuisesti GIMP:in käyttäjäkunta on paljon pienempi. Muut piirto-ohjelmat saivat pienempiä osuuksia, ja niiden käyttö todennäköisesti kontekstiriippuvaisempaa.

Piirto-ohjelmakysymyksen vaihtoehdot olivat valitettavasti hieman puutteellisia. Nimittäin Nspire ja ClassPad tarjoavat integroituna ominaisuutena myös tiettyjen fysiikan tilannekuvien piirtämisen (esim. sähköpiiri). Data-aineistossa 2018 yli puolet käyttivät pääasiassa TI-Nspiren piirtomodulia. Tätä valinnan puutetta kommentoitiin Reddit -ketjussa seuraavasti:

”[Käytän] TI:n apuohjelmaa Fysiikan piirto -widgettiä. Se on myös abittiympäristössä. Syy: erityisesti voimanuolten kanssa pelleily on paljon nopeampaa kuin muilla ohjelmilla. Painaa vain F niin ilmestyy nuoli, painamatta mitään muuta voi suoraan kirjoittaa sille nimen ja siihen tulee automaattisesti vektoriviiva nimen päälle. Toinen kirjain on automaattisesti alaindeksissä, eli esim. Mattiin kohdistuvan painon saa merkittyä oikein kirjoittamalla vain Gm. Jos haluaa vaikkapa yhtä suuren vastakkaissuuntaisen tukivoiman, onnistuu se painamalla enteriä kerran ja tabia kerran. Muistaakseni nimikin tosin kopioituu enterillä, eli se pitäisi muuttaa, mikä tosin veisi vain 3 näppäimistön painallusta. Miinusta on kuitenkin se, että voimanuolen suunnan säätö toimii portaittain eikä vapaasti, joten nuolesta ei välttämättä saa täysin oikean suuntaista.” -Käyttäjänimi u/slash_are_slash

Jos kirjoitat fysiikan kokeen vastaukseesi kaavojen ratkaisua, millä ohjelmalla tuot kaavamerkinnät koevastaukseesi?

52 responses

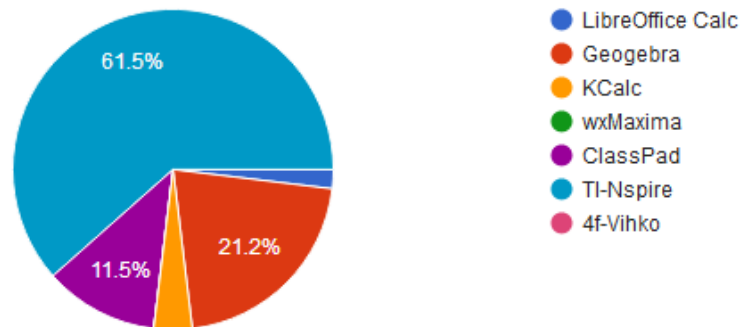


Kuva 27. Matematiikkaohjelmavalintojen osuudet.

Matemaattisen kirjoittamisen tilanne on muuttunut ehkäpä eniten Digabin alkuaikoihin verrattuna. Ohjelmistovalikoima on pysynyt samana, mutta vuoden 2017 aikana alkoi yleistyä myös Abitti-kokeen vastauskenttien läheisyyteen integroitu kaavaeditoripalkki. Tämä vähensi merkittävästi tarvetta muille ohjelmille, etenkin tilanteissa missä piti sekoittaa selittävää tekstiä ja muutamia keskeisiä matemaattisia merkintöjä. Pitkissä matemaattisissa johtamisissa dedikoidut virtuaaliset laskimet ovat edelleen kätevimpiä. Normaalissa sähköisessä fysiikan kokeessa 59,6% vastaajista arvioi pärjäävänsä pelkästään Abitin selainpohjaisilla ratkaisuilla. Ti-Nspiren virtuaalinen laskin oli toiseksi suosituin 32,7 % osuudellaan. Data-aineistossa 2018 TI-Nspire sai 95% osuuden, sillä ilmeisesti heillä käytettiin vanhempaa Digabi -versiota, missä kaavaeditoripalkkia ei ollut vielä olemassa.

Mitä ohjelmaa käytät useimmiten matemaattiseen ("numeeriseen") laskemiseen?

52 responses



Kuva 28. Numeerisen laskennan ohjelmavalintojen osuudet.

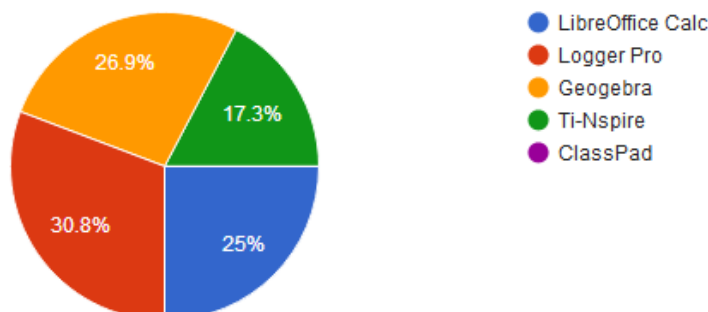
Fysiikan tehtävissä joutuu usein laskemaan kaavojen johtamisen jälkeen lopullisen numeerisen likiarvon vastausta varten. Aiemmin tämän toiminnon on tehnyt taskulaskin ja sitä ennen laskutikku, mutta sähköisen kokeentekemisen aikana siirrytään kokonaan virtualisoituun laskemiseen tietokoneiden avulla. Virtuaaliset laskinympäristöt tuovat uuden haasteen Digabi -käyttöjärjestelmälle: kalliit lisenssimaksut. Esimerkiksi Abitin blogikirjoitus¹⁶ päivältä 28.10.2019 ilmoitti, että TI-Nspireä ei voi käyttää viikkoon missään Abitti -kokeessa ennen uuden version ilmestymistä (missä lisenssi on uusittu).

TI-Nspirellä oli vastaajoukossa selkeä enemmistö (61,5%) verrattuna sen markkinakilpailijaan ClassPadiin (11,5%). Samaan aikaan on lupaavaa, että merkittävä osa vastaajista (21,2%) oli ilmoittautunut ilmaisen ja monipuolisen Geogebbran käyttäjäksi. Valtion tukemana opetustyökaluna Digabin pitäisi sitoutua mahdollisimman paljon ilmaisiin ja etenkin avoimen lähdekoodin ohjelmiin. Lukion fysiikan laskut eivät vaadi niin monimutkaisia numeerisia operaatioita, etteikö Geogebra riittäisi niiden käsittelyyn hyvin.

16 Blogikirjoitus: <https://www.abitti.fi/blogi/2019/10/ti-nspiren-lisenssi-vanhentunut-abitissa/>

Mitä ohjelmaa käytät data-aineistotehtävissä (esim. datapisteiden perusteella tehtävä interpolaatiosuora, kulmakertoimen laskeminen etc)?

52 responses



Kuva 29. Data-analyysiohjelmavalintojen osuudet.

Eräs merkittävästi yleistynyt tehtävätyyppi fysiikan sähköisissä kokeissa on data-aineistoon perustuva tehtävä. Data-aineiston – etenkin suuren sellaisen – käsittelyssä tietokone on ylivoimainen. Pedagogisesti parasta näissä tehtävissä on se, että tietokoneella tehtävässä analyysissä mekaaniset operaatiot, kuten keskiarvon laskemiset, sujuvat silmänräpäyksessä ja varsinaisesti tärkeät mietinnän kohteet jäävät opiskelijalle.

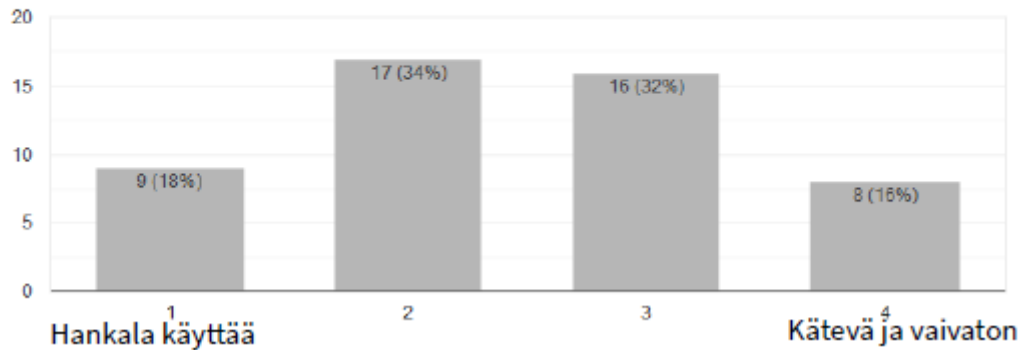
Jakauma datankäsittelyohjelmien käytössä on ehkäpä koko kyselytutkimuksen yllättävin. Kuvasta 29 näkee, että datankäsittelyohjelmat ovat saaneet hyvin samankaltaisia osuuksia. Ero on selkeä verrattuna data-aineisto 2018:een, jossa Logger Pro on erityisen hallitseva. Tulos osoittaa, että aineenopettajat ympäri Suomen ovat opastaneet fysiikan opiskelussa erilaisiin datankäsittelyohjelmiin.

Logger Pro:n kasvu suhteellisen tuntemattomasta ohjelmasta suosituimmaksi datankäsittelyohjelmaksi on ollut nopeata. Se on ollut yliopistoluennoitsijoiden ja opettajien suosikki monipuolisen anturituen takia, mutta tarjoaa bonuksena monipuolisia jälkikäsittelyominaisuuksia. Juuri näiden jälkikäsittelyominaisuuksien takia se sopii lukiolaisille hyvin. Se esimerkiksi tarjoaa monipuolisemmat sovitusfunktiot pistejoukoille kuin LibreOffice Calc sekä Microsoft Excel. Data-aineistossa 2019 Logger Pro sai kyselyssä 30,8% osuuden, mutta Calc ja Geogebra eivät ole kaukana perässä.

5.2.3 Osio 2B: MAOL -taulukot

Miten arvioisit digitaalisen MAOL -taulukon käyttämiskokemuksen?

50 responses



Kuva 30. MAOLin käytettävyysskokemusjakauma.

MAOL -taulukkoa ei alun perin löytynyt Digabista, mutta se on tuotu vakio-ominaisuudeksi vuodesta 2018 lähtien. Sähköinen MAOL -taulukko oli kuitenkin vielä ensimmäisten fysiikan digitaalisten ylioppilaskokeiden aikana keskeneräinen ja paikoitellen epävarmasti toimiva. Kyselyssä pyydettiin vapaaehtoisia sanallisia kokemuksia MAOLin käytettävyydestä ja seuraavia asioita mainittiin:

- Digitaalisesta löytää nopeammin etsimän kun ei tarvitse selailla sivuja (n=8)
- Hyvä, kun voi etsiä sanoilla tiettyjä aihealueita. (n=11)
- Ei sisällä kaikkea, mitä fyysinen sisältää (n=17)
- Digitaulukoissa ei ole täysin samaa sisältöä kuin paperisessa (n=21)
- Fyysistä kirjaa on huomattavasti helpompi selata. (n=33)
- Kirjanmerkittyjä sivuja ei tunnu pysyvän muistissa. (n=34)
- Kaikkia kaavoja ei vielä saatavilla, ainakaan matikan puolella integraalilaskennassa. (n=36)
- Se on hitaampi kuin paperinen kirja. Muuten ihan samalainen. (n=38)
- Paljon vähemmän kaavoja hankalemmalla hakemistolla kuin paperisessa maolissa (n=7)
- Hakukomento on helppo käyttää ja useasti erittäin hyödyllinen. Toisaalta, vaikka ei olekaan digitaalisella oikeastaan miinus, sen sisältö oli eri järjestyksessä kuin mitä fyysisen kopion käytössä oli tottunut. (n=48)
- Digi maolin sisältö on puutteellinen verrattuna painokseen. (n=44)

Tekniset virheet sähköisen MAOLin toteutuksessa olivat tietenkin harmillisia, mutta ne varmasti korjataan uusien versioiden myötä. Toisaalta vastauksissa näkyy kiistämättä eroja käytön osaamisen kanssa. Toiset osasivat käyttää pa-

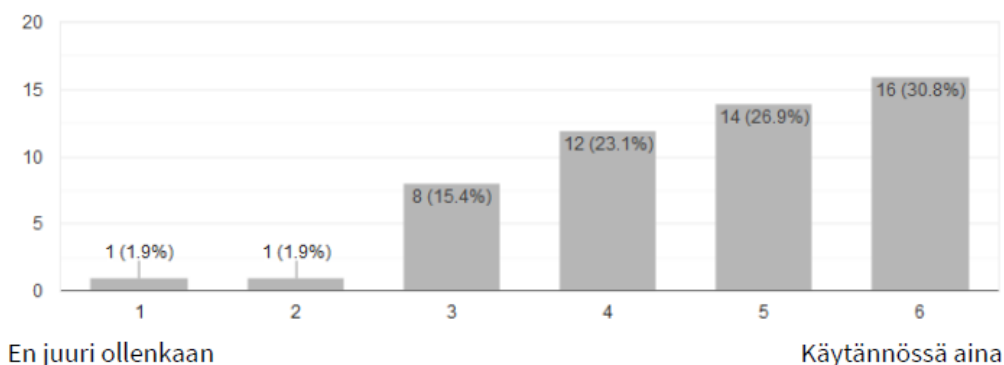
remmin hakuominaisuuksia kuin toiset. Käytettävyykokemukset muodostivat suurin piirtein normaalijakauman, kuten kuvassa 30 ilmenee.

5.2.4 Osio 2C: Keskittyminen digitaalisessa työskentelyssä

TÄRKEÄ: Pystytkö digitaalisessa tuntityöskentelyssäsi keskittymään koko ajan olennaiseen?



52 responses



Kuva 31. Huomion keskittyminen työskentelyn aikana.

Yleinen mediassakin levinnyt huoli uuden opetussuunnitelman sähköistymisestä liittyy opiskelijoiden keskittymiseen. Pelätään, että tietokoneet vievät huomiota opiskelusta viihdemahdollisuuksillaan. Abitti -kokeiden aikana eksyminen viihdepuolelle on jokseenkin mahdotonta, mutta normaaleilla oppitunneilla ilmiötä on vaikea välttää.

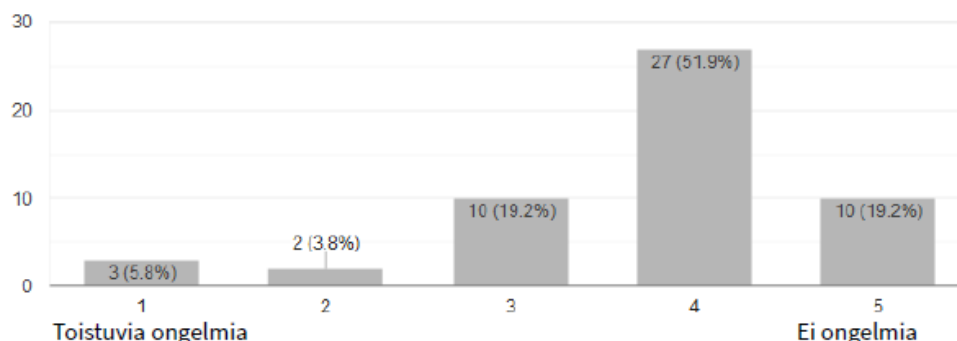
Kokonaan toinen keskittymistä häiritsevä tekijä liittyy kuitenkin digiohjelmien käytettävyyteen. Kysymys on tarkoituksella muotoiltu selvittämään, pystyykö työskentelyssä työskentelemään olennaiseen, eli oman työn eteenpäin saamiseen. Kaikki ylimääräinen huonosta käytettävyydestä johtuva valikoiden ja ominaisuuksien selailu ei nimittäin edistä työskentelyä, vaan aiheuttaa ylimääräistä kognitiivista kuormitusta. Kuvasta 31 näkee, että 69,2% vastaajista koki keskittymisessä vähintään pientä, mutta silti huomattavaa häiriötä keskittymisessä. Data-aineiston 2019 vastaajaryhmä koki pystyvänsä keskittymään silti paremmin kuin data-aineiston 2018 ryhmä, jossa peräti 17,4% ilmoitti, että tietotekniikan läsnäolo kuormittaa todella paljon, eikä voi tämän takia keskittyä olennaiseen juuri ollenkaan.

5.2.5 Osio 3: Abitti -kokemukset

Miten arvioisit koulusi sähköisen koejärjestelyn tason?



52 responses



Kuva 32. Tyytyväisyys koulujen koejärjestelyihin.

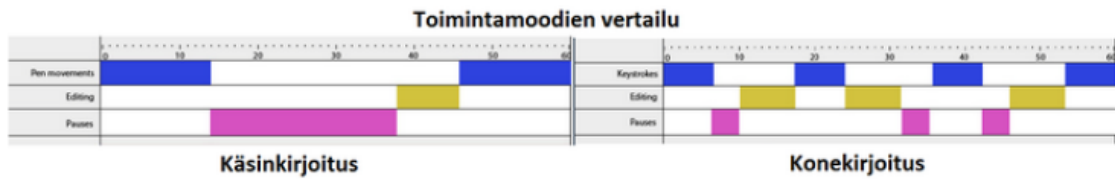
Uuden opetussuunnitelman aiheuttama alkushokki on jo suurelta osin saatu selätettyä kouluissa. Yli 70% vastaajista arvioi, että koejärjestelyissä ei joko ollut ongelmia ollenkaan tai sitten niitä oli harmittoman vähän. Se, että Digabi on käyttöjärjestelmänä kypsynyt jo muutaman vuoden, varmasti edesauttoi näin positiivista tulosta.

Data-aineiston 2019 vastaajista 86,5% lukee edelleen kokeeseen mieluummin painetusta kirjasta. Data-aineiston 2018 ryhmässä vastaava osuus oli 78,3%. Yliopistokokemusten perusteella tämä johtuu siitä, että useimmat nuoret haluavat edes hiukan vähentää päivittäistä ruutuaikaa. Lisäksi pitkien tekstien lukeminen ruudulta aiheuttaa joillakin ihmisillä päänsärkyä ja silmien väsymistä. Kaiken kaikkiaan vaikuttaisi siltä, että fyysiset kirjamarkkinat elävät vielä ainakin tämän opetussuunnitelman aikana.

Vastaajajoukossa näkyi myös poikkeuksellista polarisaatiota fysiikan oppikirjojen suhteen. Peräti 82,7% vastaajista kertoi, että heidän koulussaan käytetään Sanoma Pron "Fysiikka" -kirjasarjaa. Toiseksi suurin osuus oli Tabletkoululla (7,7%), mutta kaikki muut jäivät marginaalisiin osuuksiin. Ottaen huomioon kyselyaineiston maanlaajuisuuden ja sen, että yksikin vastaus kertoo paljon koko koulun kirjavalinnan linjasta, voi sanoa, että Sanoma Pro on saavuttanut uudessa opetussuunnitelmassa murskaavan markkinaosuuden.

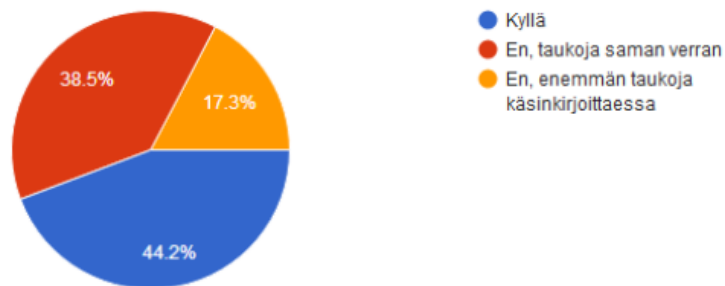
5.2.6 Osio 3A: Abitti-kokeiden sanalliset tehtävät

Kuva 2. Moodeihin kulunut aika: Kirjoitus, muokkaus ja tauko



A3) Koetko kuvan 2 tavoin, että pidät enemmän taukoja kirjoittaessasi digitaalisesti?

52 responses

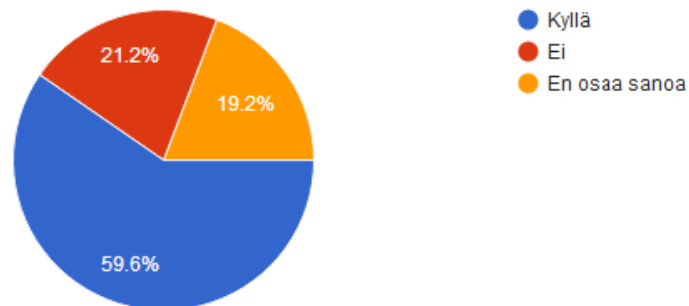


Kuva 33. Kysymys kirjoittamisprosessin toimintamoodista.

Yksi keskeisimmistä tutkimuksen kohteista tässä opinnäytetyössä on selvittää, onko Åkerfeldtin saama tulos ruotsalaisten opiskelijoiden toimintamoodien erosta toistettavissa myös Suomessa. Kysymykseen oli liitetty kuva, jossa on vierekkäin käsinkirjoituksen ja konekirjoituksen aikana mitatut toimintamoodien ajat. Kuvassa 33 ylin palkki esitti etenevää kirjoittamista, keskimääräinen muokkausta ja alimmainen taukoja. Tämän kyselyaineiston perusteella huomattava osa (44,2%) hyväksyi esitetyn ensimmäisen Åkerfeldtin väitteen.

A4) Jos muokkaat digitaalisesti tekstiä usein, tuntuuko että muokkaaminen itsessään on osa ajatuksenvirtaa?

52 responses



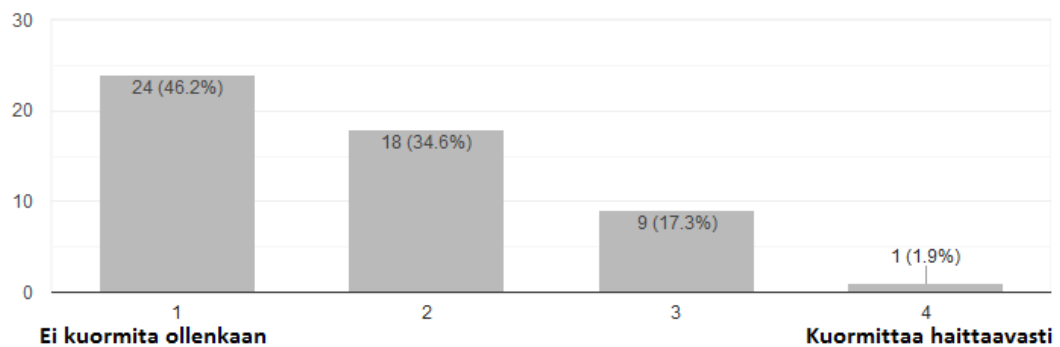
Kuva 34. Kysymys ajatuksenvirrasta konekirjoituksen aikana.

Lisäksi 59,6% puolsi toista Åkerfeldtin esittämää väitettä, eli tämä joukko koki digitaalisessa kirjoituksessa muokausvaiheen osana omaa ajatuksenjuoksua. Jälkimuokkaamisen helppous vähentää rajusti tarvetta perusteelliselle kirjoittamisen etukäteissuunnittelulle, jolloin kirjoitukseen upotettua viestimistä voi käsitellä pienemmissä segmenteissä. Ajatuksenjuoksumainen konekirjoitus tekee kappalejaoista huonoja, ellei kappaleita lue jälkikäteen kokonaisuuksina.

A2) Miten paljon koet fysiikan sanallisten tehtävien teossa kuormitusta, joka liittyy digitaaliseen työstämistapaan?



52 responses



Kuva 35. Sanallisten tehtävien kognitiivinen kuormitus.

Kuten oli odotettavissa, konekirjoituksesta ei koettu aiheutuvan juuri ylimääräistä työstämistapaan liittyvää kognitiivista kuormitusta. Koneellinen kirjoittaminen on nuorille todella luontevaa, eikä vaadi ylimääräistä opettelua. Ainoastaan 19,2% koki digitaaliseen työstämistapaan liittyvää kuormitusta sanallisten tehtä-

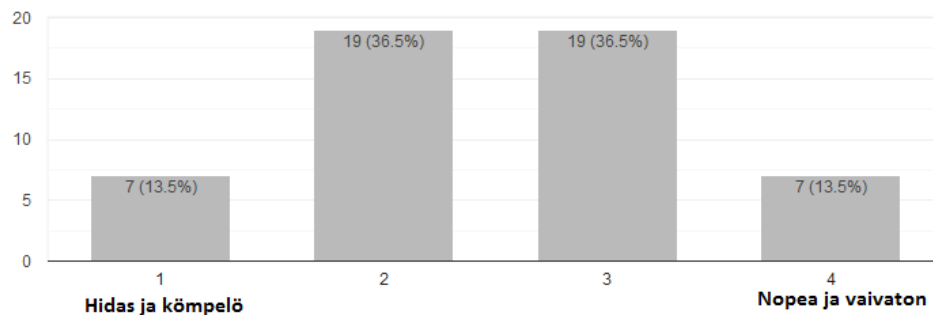
vien kohdalla. 65,4% tekisi sanalliset tehtävät aina digitaalisesti, jos saa vapaasti valita.

5.2.7 Osio 3B: Abitti-kokeiden laskutehtävät

Fysiikan sähköisen kokeen laskutehtävät aiheuttivat enemmän työstämistapaan liittyvää kognitiivista kuormitusta kuin sanalliset tehtävät. 24,6 % koki ylipäänsä kuormitusta, mutta erityisen vahvaa kuormitusta koki nyt 9,6%. Tämä jälkimmäinen osuus kasvoi tässä tehtävätyypissä suhteellisesti ottaen eniten.

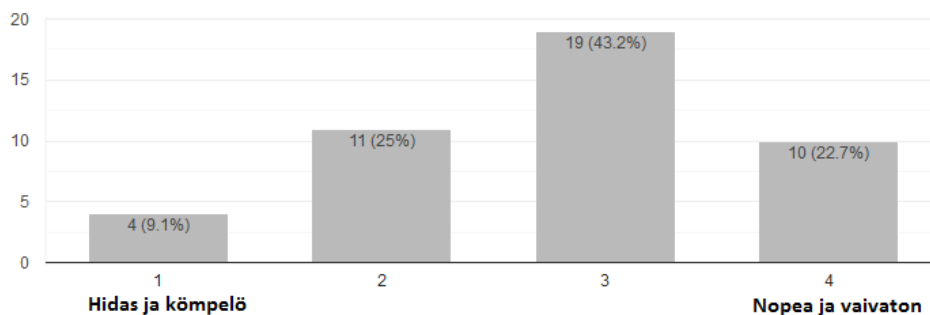
B3) Jos käytät ohjelmaa, joka sisältää symbolisen kaavaeditorin*, miten arvioisit sen käytettävyyden?

52 responses



B4) Jos käytät ohjelmaa, joka tukeutuu ohjelmointisyntaksiin*, miten arvioisit sen käytettävyyden?

44 responses



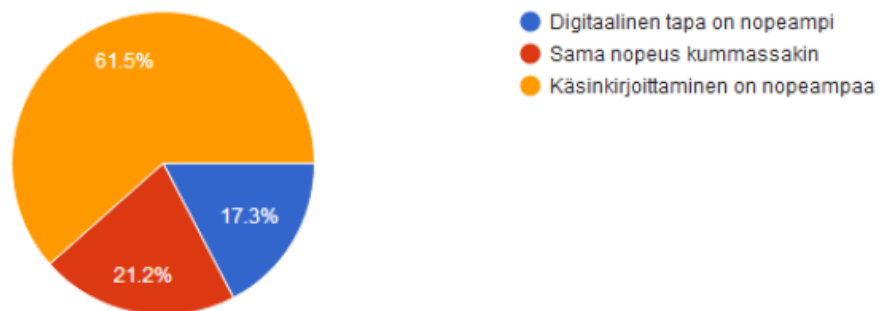
Kuva 36. Käytettävyykokemusten ero matematiikkaohjelmatyypien välillä.

Kysymyksien B3 ja B4 vastauksista sai selville, että he, jotka käyttivät laskutehtävien teossa ohjelmointisyntaksiin perustuvaa ohjelmaa, kokivat käytettävyyden parempana kuin he, jotka käyttivät visuaalista kaavaeditoria. Visuaalisiin kaavaeditorien käytettävyyteen tyytyväisiä oli 50,0 % vastaajista ja syntaksipohjaisten kirjoitusohjelmien käyttäjistä tyytyväisiä oli 65,9%. Tässä on tietty huomioitava se, että kaikki vastaajat olivat käyttäneet visuaalisia kaavaeditoreja,

mutta sen sijaan osa ei ollut käyttänyt syntaksipohjaisia ohjelmia ollenkaan. Opiskelijat noudattavat tässä valinnassa pienimmän vastarinnan periaatetta: alustavassa käytössä visuaaliset kaavaeditorit ovat vähemmän kuormittavia, mutta mikäli opiskelija systemaattisesti opiskelee syntaksiohjelmien käytön ja pääsee tämän kuormittavan vallin yli, on tulevaisuuden työskentely helpompaa. Lievää epätyytyväisyyttä kokevien ryhmän koko vaihteli eniten ohjelmasta riipuen.

B5) TÄRKEÄ: Miten paljon aikaa kuluu fysiikan kaavojen digitaaliseen kirjoittamiseen verrattuna käsinkirjoittamiseen?

52 responses



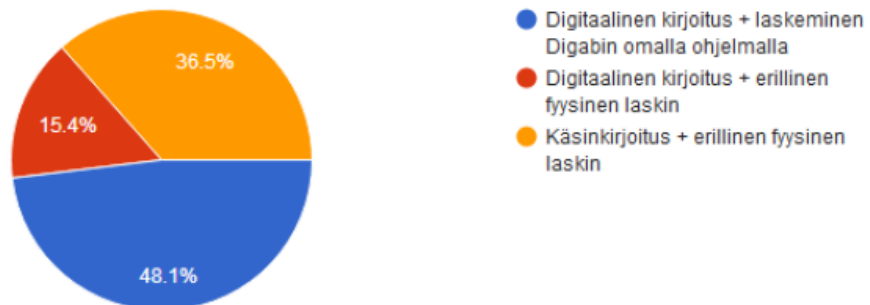
Kuva 37. Fysiikan kaavojen kirjoittamiseen kuluvan aika eri metodeilla.

Tämä kysymys on identtinen aiemman kyselytutkimuksen kanssa. Nyt poikku-suuntaisessa maanlaajuisessa aineistossa 61,5 % koki käsinkirjoittamisen nopeammaksi tavaksi tuottaa fysiikan kaavoja. Data-aineisto 2018:n ryhmästä vastaava osuus oli 68,2%. Data-aineistossa 2019 digitaalista työskentelytapaa piti nopeampana 17,3%, kun taas Data-aineistossa 2018 vastaava tulos oli 13%.

Työskentelyyn kulunut aika kertoo epäsuoralla tavalla siitä, miten suuren kognitiivisen kuormituksen alaiseksi kokelas joutuu, mikäli tehtävien määrä ei muutu, mutta työskentelyn metodi muuttuu. Kokelaan tulee edelleen osoittaa saman aiheisällön osaaminen, mutta saattaa pahimmillaan joutua tuottamaan vastauksensa tietämyksentasaon rajoittavalla tavalla. Metodiin liittyvä kognitiivinen kuormitus on lähdeyyypiltään luontaista, mutta heikko ohjelmisto-osaaminen lisää merkittävästi ulkoisen kuormituksen lähdettä.

B6) Jos saisin vapaasti valita, tekisin fysiikan kokeen laskutehtävät seuraavalla menetelmällä:

52 responses



Kuva 38. Fysiikan kokeen laskutehtävien työskentelymetodi vapaasti valittuna.

Vastaajista lähes puolet olivat sisäistäneet täysin digitaalisen työskentelytavan tietokoneellaan. Vapaasti valittuna he tekisivät fysiikan kokeen laskutehtävät Digabin ohjelmilla. Toisaalta kolmasosa työskentelisi edelleen perinteisellä kynän ja laskimen yhdistelmällä. Erikoisesti tässä kysymyksessä data-aineiston 2018 ryhmäläiset haluaisivat silti tehdä fysiikan kokeen laskutehtävät useammin digitaalisesti, vaikka heillä on mielestään heikompi osaamistaso kuin uudella vastaajaryhmällä.

5.2.8 Osio 3C: Abitti-kokeiden aineistotehtävät

Data-analyysiohjelmien käyttöön liittyvää kuormitusta koki 21,2% vastaajista, mutta tällä kertaa poikkeavasti peräti 96,2 tekisi aineistotehtävät aina digitaalisesti, kun valinta on vapaa. Erityisesti kun datajoukko on iso, sellaiset ohjelmat kuin Logger Pro ja Libre Office Calc vähentävät merkittävästi tarvetta mekaaniin toistolaskuihin, kun halutaan selvittää tilastollisia arvoja ja trendejä. Aineistotehtävissä digitaalinen työskentelytapo palvelee parhaiten suorittamista, ja on hyvin vaikea perustella kynän ja paperin metodia.

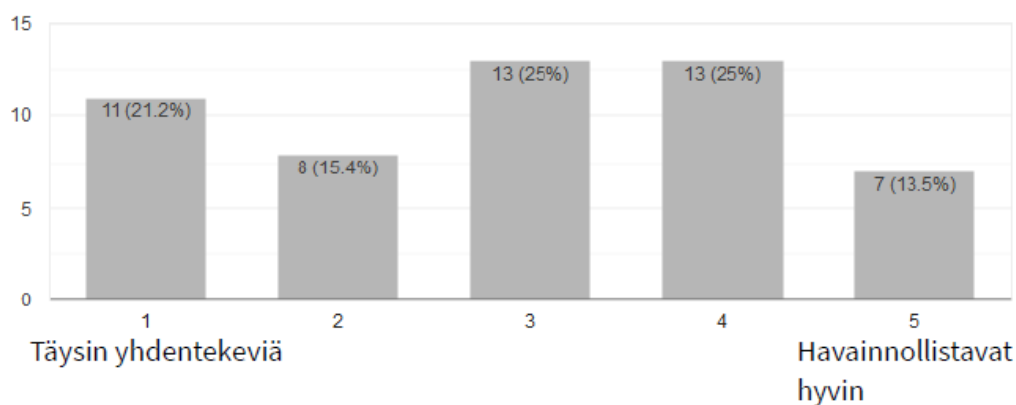
Digitaalinen rajapinta periaatteessa mahdollistaa monipuolisemmat aineistot koetehtävissä. Ylioppilastutkintolautakunta on kuitenkin ollut ensimmäisten kokeiden suhteen maltillinen, ja esimerkiksi videoaineistoon perustuvia tehtäviä on ollut vain muutama kappale kahden ensimmäisen ylioppilaskokeen aikana. Digi-

videoiden tuoma pedagoginen lisäarvo koetaan hyvin vaihtelevana, mikä selviää kysymyksen C4 vastausjakaumasta. Laadukkaimpia ne ovat silloin, kun pystyvät parhaaseen mahdolliseen huomionohjaukseen.

C4) Miten paljon fysiikan kokeiden aineistovideot* antavat mielestäsi lisäarvoa?



52 responses



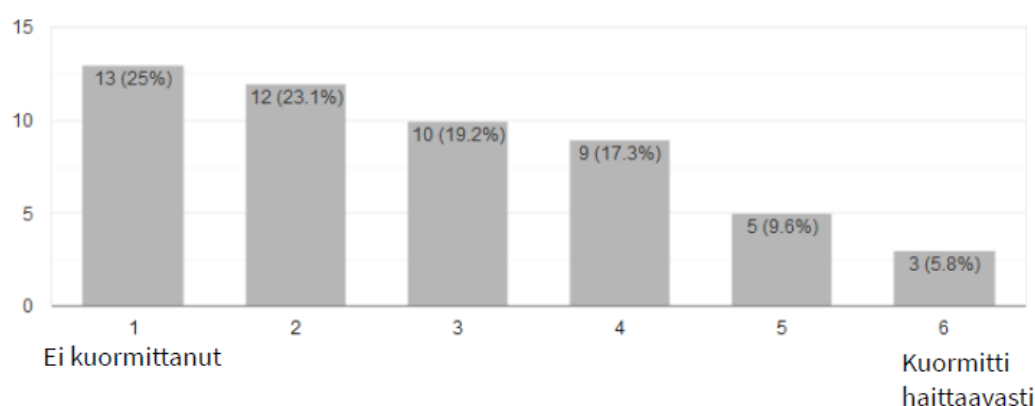
Kuva 39. Aineistovideoiden koettu lisäarvo fysiikan kokeissa.

5.2.9 Osio 3D: Yhteenveto Abitti-kokeiden kuormituksesta

D1) Miten paljon digitaalinen työskentelytapa ylipäänsä aiheutti ylimääräistä kuormitusta fysiikan Abitti-kokeissa?



52 responses



Kuva 40. Tutkimuksen kannalta tärkein tulos, eli summattu kognitiivinen kuormitus digitaalisessa työskentelytavassa.

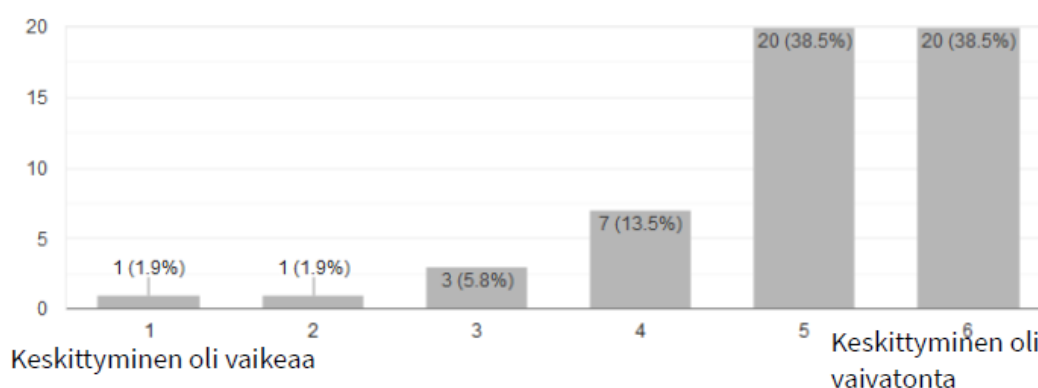
Olemme aiemmin eritelleet eri tehtävätyyppien vaikutuksen koettuun kognitiiviseen kuormitukseen digitaalisessa työskentelytavassa. Opiskelijan jaksamisen kannalta on kuitenkin tärkeintä arvioida sähköiseen kokeentekemisen kokonais-

vaikutuksia. Kysymyksessä D1 Likert -asteikko on kasvatettu kuusiportaiseksi paremman tarkkuuden vuoksi ja vastausjakauma näyttää noudattavan selkeää laskusuuntaista trendisuoraa (kuva 40). Neljäsosa piti digitaalista työstämistä täysin sulavana ja vaivattomana, mutta loput 75% löysivät erilaisia kuormittavia tekijöitä, joita tullaan seuraavaksi yksilöimään. 5,8% vastaajista piti sähköisen kokeen tekemistä niin hankalana, että se kuormitti haittaavasti työskentelyä.

D2) Miten hyvin pystyit fysiikan Abitti-kokeissa keskittymään olennaiseen, eli kokeeseen vastaamiseen?



52 responses



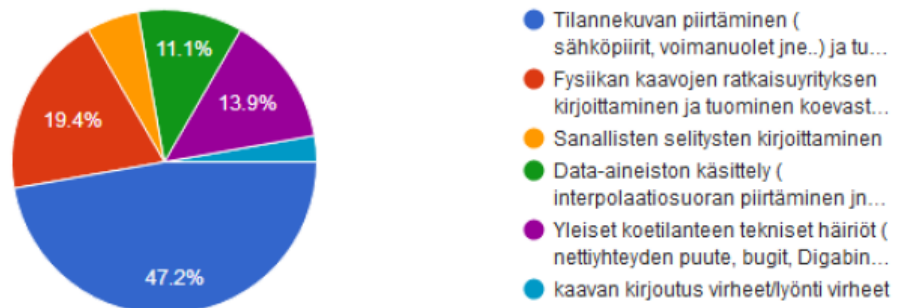
Kuva 41. Abitti-kokeissa yleinen keskittyminen vastaamiseen.

Keskittyminen koettiin helpoksi ja vastaukset painottuvat siihen ääripäähän. Tämä suhteellinen ero kysymykseen D1 verrattuna kertoo ehkä siitä, että opiskelijat pystyvät erottamaan keskittymisen ja kuormituksen toisistaan ja pystyvät keskittymään silloinkin, kun työskentely vaatii vähintään siihen kuuluvan luontaisen kognitiivisen kuormituksen. Kun ulkoisen kognitiivisen kuormituksen lähde on liian suuri, on sillä haittavaikutusta keskittymiseen.

Kysymyksessä D3 vastaajia pyydettiin arvioimaan, mihin asiaan tai yksityiskohtaan he kokivat kuormituksensa liittyvän eniten. Luotiin viisi vastausvaihtoehtoa, ja sen lisäksi tarjottiin vapaakenttä poikkeavalle vastaukselle. Ennakoidusti kuvien piirtäminen korostui suurimpana yksittäisenä kuormituksen aiheuttajana 47,2%:n osuudella. Fysiikan kaavojen kirjoittaminen sai 19,4 % osuuden. Yleiset tekniset ongelmat kuormittivat harmillisen montaa vastaajaa 13,9% osuudella.

D3) TÄRKEÄ: Jos koit digitaaliseen työstämistapaan liittyvää kuormitusta fysiikan koetehtävissä, mihin asiaan tämä kuormitus liittyi eniten?

36 responses



Kuva 42. Kognitiivisen kuormituksen lähteet suuruusjärjestyksessä.

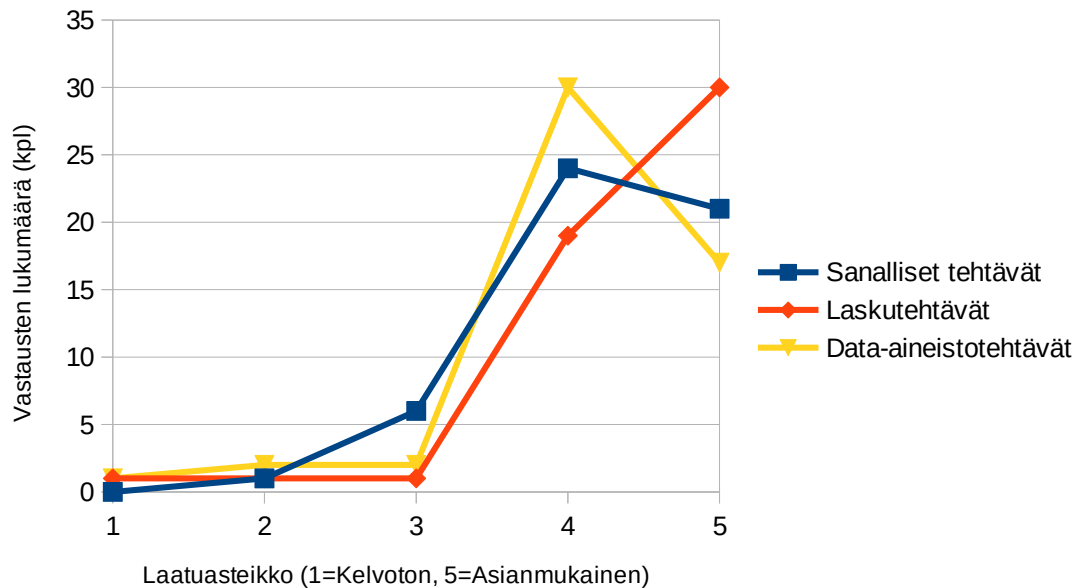
Vapaata kenttää käytti vain yksi vastaaja ja hänen kokemansa kuormitus liittyi jo olemassa olevaan kaavakirjoituksen vaihtoehtoon. Käytännössä kaikki, jotka ilmoittivat kaavankirjoittamisen kuormittavimmaksi, käyttivät visuaalisia kaavaeditoreja (ks. 5.4 Korrelaatiohavainnot).

Vastauksia oli mahdollista täydentää kertomalla, mikä yksityiskohta valinnassa kuormitti eniten:

- Erinäisten elementtien hakeminen valikosta ja sovittaminen sellaiseksi kokonaisuudeksi, joka ei näytä hutiloivan viisivuotiaan tekemältä (n=3)
- Kuvien piirtäminen on kömpelöä, erityisesti jos kokeeseen ei ota erillistä hiirtä mukaan, sillä DigabiOS ei tue kosketuslevyn kaikkia ominaisuuksia (esim. kaksinkertainen napautus) (n=18)
- En ehtinyt tehdä kokeen viimeisiä tehtäviä loppuun koska kaavojen ja laskelmien kirjoittamiseen meni niin paljon kauemmin kuin kynällä ja paperilla. (n=19)
- Tilannekuvan luominen ja mahdollinen muokkaus sähköisesti on mielestäni huomattavasti kömpelömpää kuin saman tekeminen käsin kynällä ja paperilla. (n=25)
- Piirtäminen kömpelöä ja hidasta, käsin homma etenisi paljon nopeammin ja ilman ajatuskatkoksia (n=30)
- Se abitti-editorin yläpalkki; kun yrittää painaa sitä nappia, joka muuttaa tekstin ei-kursivoiduksi, niin painaakin helposti vahingossa binominappia ja onnistuu kummaamaan lopulta koko laskun ja tehtävä lentää perseelleen. (n=34)
- Tietokoneella ei pääse piirtämään tarkkoja viivoja kuten käsipelillä. (n=38)
- Potenssin merkitseminen ei onnistu samalla lailla kuin normaalissa ti-nspire ohjelmassa. Shift + ^^ saa laskun vastauksen näyttämään suoraan erroria joten potenssin voi ainoastaan laittaa pikavalikosta. Normaalissa koneversiossa tämä kuitenkin toimii normaalisti. (n=6)

Vastausten perusteella monet käytettävyyden heikkoudet ovat merkittäviä kuorituksen lisääjiä. Erityisesti lukioiden tarjoama ohjelmistokoulutus on epäonnistunut, jos opiskelija ei osaa piirto-ohjelmissa käyttää työkaluja suorien tai muiden eksaktien objektien piirtämiseen.

5.2.10 Osio 4: Abitti-kokeiden subjektiivinen laatuarviointi



Kuva 43. Subjektiivinen laatuarviointi oman lukion fysiikan koetehtävistä

Yleisesti ottaen eri digitaalisten tehtävätyyppien laatuun oltiin tyytyväisiä. Laskutehtävät keräsivät eniten kiitosta. Data-aineistotehtävät olivat monien mielestä hyviä mutta ei virheettömiä. Todennäköisesti data-aineistotehtävistä voi tulla turhauttava tunne, jos ei keksi ongelman punaista lankaa. Tällöin voi näyttää siltä, että oma ajattelutyö ei välttämättä johda edes osittaiseen tehtävän suoritukseen, vaan pisteytys polarisoituu rajusti oikein/väärin -asteikolle.

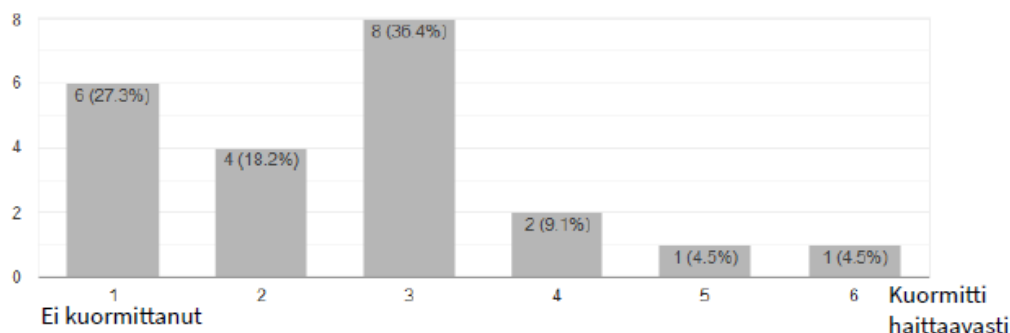
5.3 Kokemukset fysiikan sähköisistä ylioppilaskokeista

Syksyllä 2018 järjestettiin ensimmäiset sähköiset fysiikan ylioppilaskokeet. Kyselyn vastaajajoukosta 3 henkilöä oli käynyt syksyn 2018 fysiikan YO-kokeissa ja 22 henkilöä kevään 2019 YO-kokeissa (lisäksi 2 henkilöä oli osallistunut kumpaankin kokeeseen). Kummatkin kokeet todettiin kyselyssä keskivaikeiksi.

On syytä huomata, että seuraavissa kyselytuloksissa on rajattu 22 henkilön joukko alkuperäisen 52 vastaajan sijaan. Tämä pienempi YO-kokeisiin osallistunut joukko on oletettavasti motivoituneempi ja kiinnostuneempi lukion fysiikan opinnoista ja siten kyselytulosten odotetaan poikkeavan isompaan ryhmään verrattuna. Ylioppilaskokelaat kokivat sähköiseen työskentelytapaan liittyvää kuormitusta vähemmän kuin keskimääräiset lukiolaiset fysiikan kurssikokeissa. Vastausten kriittinen massa oli selvästi ei-kuormittavan puolella.

E5) Miten paljon digitaalinen työskentelytapa aiheutti ylimääräistä kuormitusta fysiikan sähköisessä ylioppilaskokeessa?

22 responses



Kuva 44. Kevään 2019 YO-kokeissa koettu kuormitus.

Lisäksi kyselyssä pyydettiin mainitsemaan ja erittelemään, jos joku YO-kokeen tehtävistä erottautui digitaalisessa työskentelytavassa huonolla tavalla. Saatiin seuraavia vastauksia:

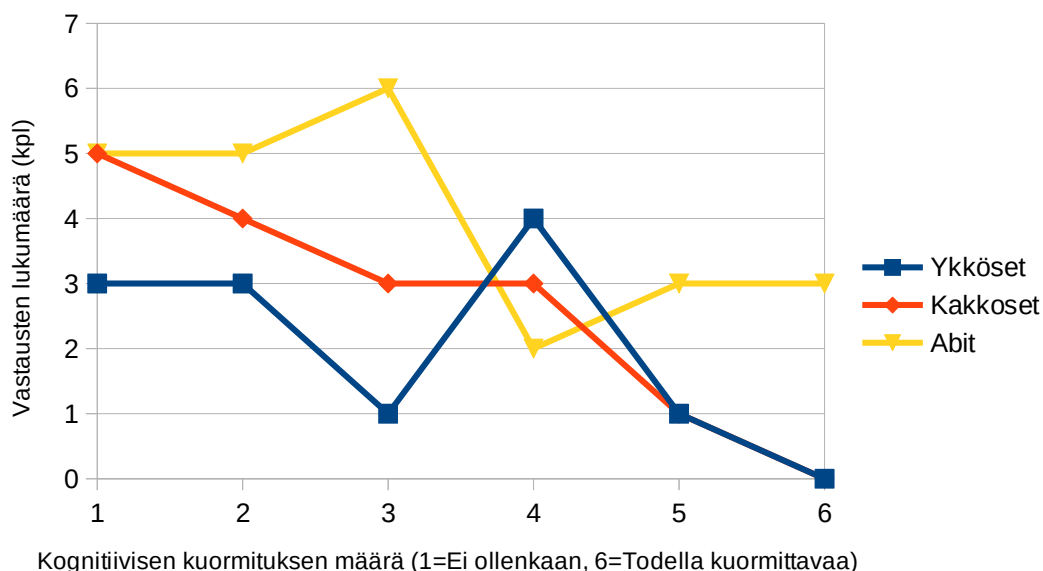
- Tehtävä 4 oli erittäin työläs, koska vaunujen nopeuksien laskeminen on hidasta (n=22)
- Viimeisen osion kaksoisrakotehtävän piirtäminen oli hankalaa, hidasta ja työlästä, koska tilanne on sen verran monimutkainen. Päädyin piirtämään säteet sekä erikseen että rakojen keskikohdasta epäloogisesti lähtevän säteen, joka kuvastaa näitä molempia säteitä tehtävän laskuissa (koska todellisuudessa ra-

kojen väli suhteessa etäisyyteen varjostimesta on erittäin pieni). Kuvasta tuli viivasekamelska. Tosin tein varmaan väärin eli sinänsä oma vikani. (n=5)
 - Piirtäminen ylipäättään on kömpelöä abitin tarjoamilla työkaluilla. Tässä ko-
 keessa esim tehtävä 8. (n=48)

Kaikki edellä mainitut kommentit liittyivät kevään 2019 fysiikan YO-kokeeseen. Tehtävänanto on luettavissa abitreenit-sivustolta¹⁷. Kommenteissa mainittu tehtävä 8 liittyy optiseen ilmiöön nimeltä kangastus. Oletettavasti sen kakkosvaihe 8.2 oli vaikein kokelaille, sillä siinä heidän tuli täydentää tilannekuvaa piirtämällä valonkulku tarkasti. Jos ei osaa käyttää suoran viivan piirtämisen työkaluja, tehtävästä syntyy tarpeettoman paljon kuormitusta.

5.4 Korrelaatiohavainnot

Alkuhypoteesin perusteella tutkittiin muutamia potentiaalisia vastauskäyttäytymisestä aiheutuvia korrelaatioita. Ensinnäkin oletettiin alustavasti, että vastajoukon abit olisivat harjaantuneempia Digabi -käyttöjärjestelmän käyttöön ja siten kokisivat vähemmän kokonaisvaltaista kognitiivista kuormitusta digitaalisessa työskentelyssä kuin ykköset.



Kuva 45. Summatiivisen kognitiivisen kuormituksen erot eri vuosikursseilla.

17 Fysiikan YO K2019 <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2019/02/13/2019-kevat-fysiikka>

Kuvan 45 perusteella osoittautuu kuitenkin, että asia ei ole ihan niin yksinkertainen. Abit kyllä vastasivat enemmän asteikolla 1-3, mutta samaan aikaan he vastasivat myös eniten 5:sia ja 6:sia. Yllättävästi abit olivat itse asiassa ainoita, jotka ylipäänsä sanoivat kokevansa todella paljon kuormitusta (asteikolla 6). Täytyy kuitenkin muistaa, että kuvan 45 graafia ei ole suhteutettu vastaajamääriin. Vastaajajoukosta abeja oli kuitenkin melkein yhtä paljon kuin ykkös- ja kaksovuosikurssilaisia yhteensä. Tämä selittää käyrän pystysuuntaisen poikkeuman, mutta ei selitä sen muotoa.

Jokin syy täytyy olla sille joukolle, joka koki kognitiivista kuormitusta kaikista eniten. Oma näkemykseni on, että koska kevään 2019 abit olivat pioneeriryhmä, he ovat lukiotaipaleensa aikana kokeneet kaikista eniten sähköisen kokeenteke-misen lapsentauteja. He ovat myös ensimmäinen vuosikurssi, jolle on opetettu lukio sähköisesti alusta asti ja varmasti lukion opettajat ovat myös ensikertalaisina joutuneet painimaan samanlaisten ongelmien kanssa. Kevään 2019 ykkösiä opettavat jo hieman sähköisestä opetuksesta kokeneemmat opettajat.

Toinen mahdollinen syy on, että osa abeista on saattanut joutua negatiivisen palautteen kierteeseen, mikä on johtunut huonoista it-taidoista, koemenestyksestä ja jopa teknisistä ongelmista. Tällöin heille on syntynyt aversioita digitaaliseen työskentelyyn, ja välttävät automaattisesti tiettyjen tehtävätyyppien tekemistä. Toimimisen kognitiivinen hinta on noussut kroonisesti liian korkeaksi.

Seuraavaksi tarkastellaan niitä mahdollisia syitä, jotka ajavat vastaajia tekemään kokeet mieluummin käsinkirjoituksena. Tarkastelemme kolmea aliryhmää B6-kysymyksen vastausten perusteella:

- 1) Digi-intoilijat: He tekisivät kokeet mieluiten täysin digitaalisesti
- 2) Hybridiryhmä: He tekisivät kokeet digitaalisesti, mutta käyttäisivät tukena erilistä fyysistä laskinta
- 3) Käsinkirjoittajat: He tekisivät kokeet perinteisellä ”kynä+laskin” -menetelmällä

Ylivoimainen enemmistö *käsinkirjoittajista* on vastannut B5-kysymykseen, että käsinkirjoittaminen on nopeampi tapa kirjoittaa fysiikan kaavoja. He toteuttavat

omalla valinnallaan koettua pienimmän vastarinnan periaatetta. Lähes kaksi kolmasosaa antoi kaavaeditorien käytettävyydelle huonon (1 tai 2) arvosanan ja puolet antoi syntaksiohjelmien käytettävyydelle huonon arvosanan (osa ei ollut käyttänyt ollenkaan. Noin puolet koki myös selvää kognitiivista kuormitusta sähköisten laskutehtävien tekemisen aikana.

Hybridiryhmästä selvä enemmistö tekisi B5-kysymyksen perusteella fysiikan kokeet täysin digitaalisesti. Hieman yli puolet antaisi kaavaeditorien käytettävyydelle hyvän tai todella hyvän arvosanan, ja kaikki syntaksiohjelmiä kokeilleet antaisivat niille vähintään hyvän arvosanan. Puolet koki vain hieman kuormitusta tekotavasta, ja loput eivät ollenkaan.

Digi-intoilijoista neljä viidesosaa tekisi fysiikan kokeet täysin digitaalisesti. Kaikki tämän ryhmän vastaajat antoivat kaavaeditorien sekä syntaksiohjelmien käytettävyydelle vähintään hyvän arvosanan, mutta syntaksiohjelmalle peräti yli puolet antoivat parhaan arvosanan. Kaksi kolmasosaa digi-intoilijoista ei kokenut juuri ollenkaan kognitiivista kuormitusta työskennellessään ja loput vain vähän.

Erikoisesti fyysisen laskimen käyttö täysin sai prosentuaalisesti yhtä suurta suosiota (n. 40%) kaikissa vastaajaryhmissä. Oletettavasti erillinen laskin laitteena tuo turvaa syistä, jotka johtuvat vastaajien yksilöllisistä tarpeista, eikä niinkään kyvystä käyttää Digabin ohjelmia.

5.5 Muut vapaamuotoiset palautteet

Pyydettyäessä Digabista vapaata palautetta saatiin seuraavia vastauksia:

- Kello voisi olla näkyvissä oletuksena tehtäväpalkissa ettei sitä itse aina joudu sinne lisäämään (n=8)
- On kiva tehdä paintilla taustakuva ja laittaa se taustakuvaksi :) (n=34)
- Helppo copy-pasteta toistoa kaavoihin. (n=38)
- Kellonaika voisi olla vakiona yläpalkissa. Sen saa sinne jostain valikosta, mutta en tiedä mistä. Moni ei varmasti tiedä edes sen olemassaolosta, koska sitä ei muistaakseni mainittu koulussani sanallakaan. (n=5)
- Vastausten muokkaaminen myöhemmin on erittäin helppoa ja kätevää. Useat apuohjelmat auttavat ajattelemaan tehtäviä paremmin. Toisaalta monet ominaisuudet vaativat aikaa opetella mitä ainakaan meidän koulussa ei opetettu. Opin

asioita apuohjelmien käytöstä vielä viikkoa ennen yo-koetta. Fysiikassa sanoisin digitaalisen kokeen olleen iso parannus paperiseen verrattuna ja digibikäyttöjärjestelmänä oli tarpeeksi hyvä, että parannus oli tuntuva (n=48)

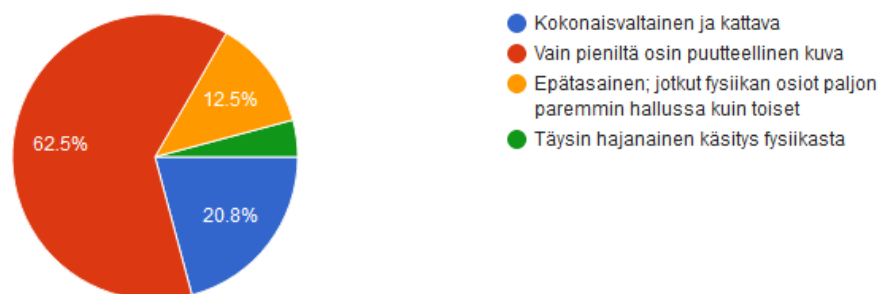
- Oman läppäri Wifi ei toimi edes erillisellä Usb-wifi tikulla, joka oli ostettu tuettujen lisälaitteiden listalta. Trackpad ei toimi myöskään, joten joutuisi käyttää erillistä hiirtäkin. Ja koska läppäriin usb-portit ei riitä tikkuun, wifi-dongleen ja usb-hiireen, pitää käyttää usb-hubia, joka luo lisää sekasortoa koe tilanteeseen kaikkine kaapeleineen. Mutta koska wifi ei toimi, aina joutuu käyttämään koulun lainaläppäriä, joka on hyvin epäkäytännöllistä. (n=43)

Hyvinä puolina nähtiin edelleen muokkaamisen helppous, mihin tässä tapauksessa voi vielä lisätä tehokkaan "Copy-Paste" -monistamisen kaavojen johdoissa, joissa esiintyy paljon samoja elementtejä rivi riviltä. Huonoina puolina korostui tekniset ongelmat ja puutteellinen koulutus tiettyjen ohjelmistojen käyttöön.

Vastaajista 24 oli käynyt kaikki 7 lukion fysiikan kurssia. Heille oli osoitettu kysymys siitä, minkälainen kokonaiskuva heille jäi fysiikasta lukiovuosilta. Suurin osa (83,3%) piti omaa kokonaiskuvaa vähintään kohtalaisena. Jatko-opiskeluvälineeseen oltiin myös enimmäkseen tyytyväisiä.

(Vastaa vain, jos olet käynyt kaikki 7 fysiikan kurssia) Minkälainen kokonaiskuva fysiikasta sinulle on jäänyt lukiossa opiskelusta?

24 responses

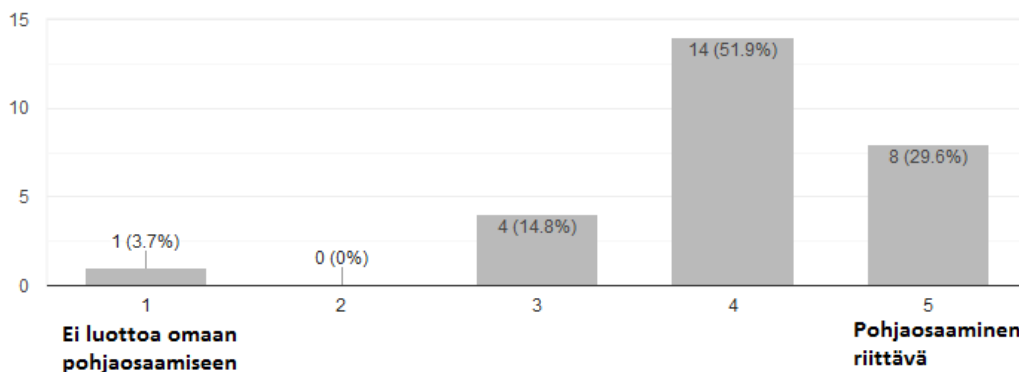


Kuva 46. Vastaajien kokema kokonaiskuva fysiikan opinnoista lukion opintojen jälkeen.

Minkälaisen valmiuden fysiikan OPS2016 on antanut sinulle jatko-opiskelua varten?



27 responses



Kuva 47. Arvio valmiuksista jatko-opintoja varten.

Kyselylomakkeen viimeisenä osiona oli vapaa palaute koko opetussuunnitelmasta 2016 sekä fysiikan digioppimisesta yleisesti. Tähän osioon vastattiin seuraavasti:

- Digitalisoituminen on tehnyt taulukko tehtävät helpommiksi ja ei voi unohtaa tarvikkeita kotiin. (n=15)
- Olen käynyt lukion vanhan opetussuunnitelman mukaan (valmistunut k2018) ja en ole käynyt lukiossa fysiikan kursseja muuta kuin pakollisen. Luin välivuoden aikana fysiikan itse ja koen että olisin onnistunut huomattavasti paremmin jos koe ei olisi ollut digitaalinen, sillä minulla ei pahemmin ollut kokemusta tehtävien ratkomisesta tietokoneella tai ohjelmien käytöstä. Ja tosiaan nyt en ehtinyt tehdä kokeen b2 osaa tehtäviä kunnolla loppuun uskon että olisin saanut arvosanan E jos koe olisi ollut paperilla, ja nyt se luultavasti jää M-arvosanaksi. Koen että tässä ei pahemmin ole otettu huomioon sellaisia jotka haluavat valmistumisen jälkeen kirjoittaa jonkun uuden aineen/ korottaa arvosanaansa. Olen kuullut monelta minun kanssa samaan aikaan valmistuneilta että he eivät enää voi mennä korottamaan arvosanojaan fysiikassa tai matematiikassa koska kokeet ovat vaihtuneet digitalisiksi. (n=19)
- Fysiikan digitaalisuus ei lopulta onneksi osoittautunut ylitsepääsemättömäksi esteeksi eikä hankaloittanut opiskelua liikaa. Digitaalisuudessa on hyvät ja huonot puolensa. Esimerkiksi sanallisiin ja data-aineistotehtäviin vastaaminen on näppärämpää digitaalisesti, mutta kaavojen käsittelyä ja tilannekuvien piirtämistä vaativissa tehtävissä kynä ja paperi ovat yliverkaisia. Kaavoja käsitellessä ja tilannekuvia piirtäessä tehtävä tuleekin lähes aina tehtyä ensin kynän ja paperin avulla ja vasta sen jälkeen siirrettyä tietokoneelle. Näin ainakin on omalla kohdallani. Parannettavaa digioppimisessa on siis runsaasti enkä esimerkiksi mitenkään olisi selvinnyt fysiikan sähköisestä ylioppilaskokeesta ilman kynän ja suttupaperin apua. (n=25)
- Digikirjat ovat epäintuitiivisia ja vaikeakäyttöisiä. Tehtäviin vastaaminen on hidasta ja aikaavievää, joten esimerkiksi abikurssilla päädyin tekemään kaikki kertaustehtävät paperille. Meidät pakotettiin ostamaan abikirja digimuodossa, sillä aineellista versiota ei ollut. Kaavojen kirjoittaminen on myös ohjelmilla työlästä. Parempi opettajien perehdyttäminen ohjelmien käytöstä olisi myös tarpeen. (n=27)
- Oppikirjan videotehtävät eivät aina toimi...(n=30)

- Meillä tulee vielä onneksi olemaan oppikirjat 3- kursseilla, joten opetussuunnitelma ei ole vielä pilannut kaikkea. (n=34)
- Lämpökursista oltiin napsittu vähän turhankin rajusti hyviä tehtäviä. (n=38)
- Paha sanoa vanhasta opetussuunnitelmasta kun en ole siitä tietoinen mutta tämä nykyinen vaikuttaa olevan ihan ok. (n=6)

Vanhojen ylioppilaiden tilanne on kieltämättä erityisen haasteellinen, sillä he eivät pääse enää osallistumaan vanhan tyyliin ylioppilaskokeisiin, mikäli he haluavat yrittää arvosanan korotusta. On käsittämätöntä, että yliopistoihin pääsemisessä ollaan painottamassa ylioppilaskokeiden tuloksia juuri nyt, kun tärkeimmässä hakuiässä on vielä paljon vanhan ylioppilaskokeen suorittaneita. Heidän mahdollisuutensa korottaa ylioppilaskokeiden arvosanoja ovat merkittävästi heikommat kuin uudesta opetussuunnitelmasta valmistuneilla ylioppilailla. Kahta näin suurta muutosta ei pitäisi suorittaa samaan aikaan.

Muista palautteista on nähtävissä se, että digimateriaalit ja tekniset ongelmat keräävät kritiikkiä ja että piirtäminen on tarpeettoman hankalaa, mutta silti löytyy halua löytää positiivisiakin puolia digiopiskelusta.

5.6 Vertaisarviointia muihin kyselytutkimuksiin

5.6.1 Kuvien tuottaminen sähköisesti biologian kokeissa

Sähköisissä biologian kokeissa on tiettyjä samoja elementtejä kuin fysiikan kokeissa; kummassakin pääsee tuottamaan tieteellisiä kuvia ja analysoimaan dataa. Tämä sisällöntuotannon multimodaalisuus erottaa fysiikan, kemian ja biologian muista oppiaineista.

Tuulosniemi teki tapaustutkimuksen, jossa kartoitettiin ylioppilaskokelaiden valmiuksia tuottaa piirroksia biologian ensimmäisessä sähköisessä ylioppilaskokeessa. Arvioitavana oli 7 eri tarkastelulukiota (Tuulosniemi, 2019). Kun piirtäminen oli biologian kokeissa vapaaehtoista, Tuulosniemi huomasi, että piirroksia oli tehty yo-tehtävien vastauksissa kaiken kaikkiaan vähän. Hän alkoi vertailla vanhoja paperisesti tehtyjä tuotoksia uusiin sähköisiin koevastauksiin.

Vastaavasti kyselytutkimuksessa 21.3.2018 ilmeni, että haastateltavat kokelaat olivat jättäneet vastaamatta kysymyksiin, joissa vaadittiin piirtämistä. Ongelmallisena pidettiin vastausten täydentämistä jälkikäteen. Kokelaat pitivät kuvantuottamista kognitiivisesti kuormittavana kuten fysiikassa. Vastausaineistosta (n=21) yksi kolmasosa jätti vastaamatta sellaisiin biologian sähköisen ylioppilaskokeen kysymyksiin, joissa vaadittiin digitaalista kuvien tuottamista. Syyksi koettiin henkilökohtaiset ongelmat piirustusohjelmien kanssa ja/tai puutteet ohjelmien käyttöösaamisessa. Samaan aikaan oli huolestuttavaa, että 64 % kaikista kokelaista ei kokenut saaneensa lukiostaan riittävästi tvt -opetusta (Tuulosniemi, 2019).

Samasta vastausaineistosta noin puolet olisi täydentänyt vastauksiaan kuvilla, jos ne olisi saanut piirtää kynällä ja paperilla. Neljäsosa koki digitaalisen kuvantuottamisen aikaa vieväksi ja työlääksi. Vähän alle puolet kertoi, että piirto-ohjelmien käyttö ei rajoittanut koesuoritusta (Tuulosniemi, 2019). Vertailun vuoksi Abitreeni-sivuston vastaajista 38 % kertoi, että it-taitojen puute vaikutti kokeen suorittamiseen siten, ettei kokeessa voinut vastata omaa substanssiosaamista vastaavalla tavalla.

Ohjelmista Libre Officen Draw ja Calc olivat suosituimpia ja sen jälkeen harrastuneet opiskelijat käyttivät lisäksi GIMP:iä. Pinta, Dia ja InkScape jäivät pienempään rooliin (Tuulosniemi, 2019). Kontrolliryhmässä oli merkittäviä eroja vapaaajan harrastuneisuuden suhteen. Tuulosniemen vastaajajoukosta (n=121) pakollista piirtämistä vaativassa tehtävässä (K2018, teht. 5) 64 % valitsi piirto-ohjelmasta valmiin nuoliobjektin ja loput tekivät nuolet vapaan käden tyylillä. 70 % nuolien väreistä oli mustia. Erikoista oli se, että yksi kokelas oli käyttänyt näppäimistön merkkejä muodostaakseen nuolen "--->".

Valitettavan usein opettajien asenteet TVT -integroitua kohtaan ovat huonoja, koska he eivät usein halua tai pysty käyttämään tietotekniikkaa tarkoituksenmukaisesti opetuksessa. Tämä asenne heijastuu opetuksessa helposti, mikä vaikeuttaa oppilaiden kotouttamista tvt -työskentelyyn. Opettajat eivät välttämättä tiedä eri sovellusten kaikkia ominaisuuksia ja käyttötapoja (Huttunen, 2017).

5.6.2 Apupiirrosten tuottaminen sähköisesti ja niiden kognitiivinen kuormitus

Suttupapereissa on perinteisesti piirretty apupiirroksia kokeiden suorittamisen aikana. Schwambornin kokeessa ilmeni näennäisesti paradoksaalinen tulos, sillä sen mukaan apupiirroksia piirtäneet opiskelijat kokivat suurempaa kognitiivista kuormitusta ja ymmärsivät aineistonsa heikommin kuin se ryhmä, jolla aineistossa oli tekstin lisäksi tehty kuvat jo valmiiksi. Tulos sotii luovan itsetekemisen teoriaa vastaan, mutta tilanne selkiytyy, kun ruvetaan tarkastelemaan varsinaista kuvantuottomekanismia (Schwamborn, Thillmann, Opfermann, & Leutner, 2011).

Ilmeni, että kuvanpiirtämisen kognitiivisesti auttava piirre kääntyi pääläelleen, kun opiskelijat piirsivät kuvansa luetun materiaalin perusteella tietokoneen avulla. Erityisenä heikkoutena aineiston ymmärtämisen kannalta pidettiin tiettyjen ohjelmien tarjoamia valmiita ”drag&drop” -elementtejä. Valmiiden elementtien siirtely ei kannustanut opiskelijoita metakognitiiviseen prosessiin, sillä ajatusprosessin tasolla siirtymä verbaalista visuaaliin on tällöin rajoittunutta. Mahdollisuus syvempään ymmärrykseen heikentyy, kun ajatusprosessissa otetaan liikaa oikoreittejä (Schwamborn ym., 2011).

5.6.3 Matemaattisten kaavojen tuottaminen sähköisesti

Huttusen työssä kartoitettiin opettajien kokemuksia Abitin käyttöönottovaiheesta ja siihen liittyvistä eYO-koulutuksista. Libre Officen Mathia pidettiin koulutuksessa liian hitaana. Lisäksi koettiin, ettei ylioppilaskirjoituksen kuusi tuntia ei välttämättä riitä, mikäli kaavaeditorilla tulee tuottaa kaikki vastaukset. WxMaxima herätti koulutukseen osallistuneissa ”lähinnä kauhistusta”. YO -kokeisiin valmentaminen vaatisi opiskelijoilta (ja myös opettajilta) ylimääräistä kuormitusta, sillä wxMaxima pohjautuu ohjelmointisyntaksiin ja ilman sen kunnollista opettelua ohjelman luonnollinen käyttäminen ei onnistu (Huttunen, 2017).

Osa matematiikan aineenopettajista ennusti, että opiskelijoiden matemaattinen taito laskisi valmiiden tietokoneohjelmien myötä (Huttunen, 2017). Matemaattisten välivaiheiden vaatimaa kognitiivista prosessia pidettiin tärkeänä. Toisaalta

myös vastakkaisia mielipiteitä ilmeni. Osa opettajista koki, että mekaanisten vaiheiden automatisointi toisi mahdollisuuksia keskittyä opetuksessa syvällisempään matemaattisen pohdintaan eikä mekaaniseen suorittamiseen.

5.6.4 Käytettävyyden tekniset rajoitteet lukio-opiskelussa ja sähköisessä kokeentekemisessä

Referenssiaineistona on Paukun tekemän tutkimuksen perustulokset varustelutasosta koetilanteessa. Paukun vastausaineisto oli neljä ryhmähaastattelua lukion ensimmäisen vuosikurssin opiskelijoista. Käytettävyyttä voidaan arvioida laitteiston sopivuuden kannalta. Kerätyn kyselyaineiston perusteella opiskelijat pitivät omaa kannettavaa tietokonetta sopivan kokoisena kuljettamista varten, mutta sen näyttöä liian pienenä opiskelukäyttöä varten. Isommalta ruudulta on helpompi lukea, työskennellä ja erityisesti työstää useampaa asiaa samaan aikaan. Isojen tekstien selaaminen ja läpikäyminen vaikeutui (Paukku, 2018).

Opiskelijat olivat myös keskimäärin tyytymättömiä kannettavien tietokoneittensa suorituskyykyyn. Hidastumista koettiin eniten, kun käynnissä oli useita ohjelmia auki samaan aikaan. Lisäksi kyselyistä opiskelijoista osa ilmoitti teknisiä ongelmia kuten ylikuumentumista ja kaatumisia (Paukku, 2018).

Eniten puhuttanut tekijä kannettavissa tietokoneissa tuntui kuitenkin olevan akukesto. Latausmahdollisuuksia tuli olla monia tavallisten koulupäivien aikana. Mikäli akun varaustaso oli alhainen ennen oppitunnin alkua, oli mahdollisuus merkittävään häiriöön opiskelussa sekä tietokoneen omistajalle että kanssa-opiskelijoille.

Paukun tutkimuksessa selvisi, että koulujen luokkahuoneiden varustelutaso latauspisteiden suhteen oli hyvin vaihtelevaa. Esimerkkikoulussa ei voinut opiskelijat eivät voineet ladata tietokonetta ollenkaan äidinkielen luokkahuoneen latauskaapissa, koska se sisälsi koulun omia tietokoneita. Tyypillistä oli myös, että oma laturi oli jäänyt kotiin, jolloin opiskelijat lainasivat latureita toisiltaan. Lataukseen liittyvä ongelma näkyi siten, että reunapaikat täyttyvät ensimmäisenä, sillä ne ovat lähimpänä seinäpistokkeita (Paukku, 2018). Kyselyissä toistui

huoli siitä, että henkilökohtaista laitetta ei voinut ladata lähellä omaa pulpettia. Tilanne on varmasti parantunut vuodesta 2018 lähtien (esim. katosta roikkuvat jatkojohdot), mutta koulun varustelutasoeroja ei voi silti täysin jättää huomioitta. Opiskelijat joutuvat akun ehdoilla ennakoimaan ja käyttämään aikaa siihen, että voivat työskennellä ja tehdä kokeita normaalilla tavalla

Kaikissa haastatteluryhmissä oli jatkuvasti koettu oppitunneilla viivettä, joka liittyi joko käyttöjärjestelmien ja pilvipalveluiden sisäänkirjautumiseen, käyttöjärjestelmien ja ohjelmien automaattiseen päivittymiseen, ohjelmistojen käynnistymiseen, USB-hiiren tunnistusongelmiin, Wifin toimimattomuuteen ja muihin yleisiin teknisiin ongelmiin. Tästä vastausryhmästä se osuus, joka koki keskimäärin kaikista eniten ongelmia, koki tunneilla olemisenkin vähiten miellyttäväksi. Päivitysten ja lataamisen puute oli yleisintä heillä, jotka eivät käyttäneet samaa kannettavaa tietokonetta kotona kuin mitä he käyttivät koulussa (Paukku, 2018).

6 Yhteenveto

6.1 Havaitut johtopäätökset

Sähköinen kokeentekeminen on haastanut ajattelemaan uudestaan niitä kognitiivisia prosesseja, joita ilmentyy koesuorituksen aikana. Kaikki merkit viittaavat siihen, että sähköisessä kokeentekemisessä koettu kognitiivinen kuormitus on sekä laadullisesti että määrällisesti erilaista verrattuna perinteiseen kynällä kirjoittamiseen.

Aiemmin käsikirjoituksessa on voinut luottaa siihen, että samalla työvälineellä on voinut tuottaa kaiken tarvittavan informaation jokaisessa vastauksessa. Poikkeustilanteissa tarvitaan esimerkiksi viivoitinta tai harppia, mutta niiden käyttö vaatii vain pienen määrän ylimääräistä metodiopiskelua. Sähköisessä kokeentekemisessä tilanne on täysin toisenlainen, sillä jokainen ohjelma vaatii oman opettelunsa. Koska ohjelmien käyttöprosessit ovat myös erilaisia, kokelas joutuu vaihtamaan omaa toimintamoodiansa useasti kokeen tekemisen aikana. Tämä aiheuttaa väistämättä ylimääräistä kognitiivista kuormitusta, mutta sen suuruutta voi säädellä toistolla ja harjoittelulla.

Uudesta kyselytutkimuksesta selvisi muutamia selkeitä trendejä. Kuvien tuottaminen koettiin kuormittavimmaksi yksittäiseksi asiaksi sähköisessä kokeentekemisessä. Kuvien tuottamisen harjoittelu vaihtelee rajusti kouluittain, sillä siihen ei ole kaikkialla resurssien puolesta mahdollista keskittyä. Kuvien tuottamisesta tulee Digabissa myös välineurheilua, sillä piirtopöydän omistajat saavat kiistatoman edun.

Keskeinen havainto oli, että paljon tietokoneita harrastaville sopi paremmin LATEX :in kaltaisiin ohjelmointisyntakseihin perustuvat editorit ja vastaavasti lähinnä mobiililaitteita käyttäville sopi visuaaliset kaavaeditorit paremmin. Syntaksi-ohjelmat sisältävät korkeamman oppimiskynnyksen, mutta sen ylittäminen voi silti olla hyödyllistä.

Kyselytutkimuksesta saatu harmillisin palaute liittyy heihin, jotka aidosti kokevat, etteivät pysty osoittamaan sähköisen kokeentekemisen takia todellista asiiasältöosaamistaan. Näiden kokelaiden oikeusturvasta tulee ensisijaisesti huolehtia; muuten lukiolaisten paikkakunnasta riippumaton yhdenvertaisuus on uhattuna.

6.2 Havaintojen syiden pohdintaa

YTL:n laatimat vanhat ylioppilaskokeiden tehtävät ohjaavat sekä opettajia ja opiskelijoita painottamaan ylioppilaskokeissa useimmiten tarvittavia taitoja. Nyt vanhojen sähköisten YO-kokeiden määrä on vielä niin pieni, että lukion aineenopettajat joutuvat suunnistamaan osittain sumussa sen suhteen, mitä kannattaa painottaa.

Lukiot ja niiden opettajat vaikuttavat merkittävästi siihen, mitä ohjelmia Digabi -käyttöjärjestelmässä suositellaan käytettäväksi. Opettajien tarjoamat esimerkit ohjaavat opiskelijoita valitsemaan heidän käyttämiänsä ohjelmia. Myös opettajan oma digiosaaminen heijastuu opetuksessa. Toiset opettajat voivat kertoa käytettävistä ohjelmista hyödyllisiä vinkkejä, neuvoja ja aputoimintoja kuin toiset. Opettajat vaikuttavat myös oppimateriaalien valintaan, mikä voi myös ohjata opiskelijoiden digityöskentelyä.

Koulun ulkopuolella vaikuttavat harrastukset. Opiskelija voi kotonaan olla suuntautunut kuvankäsittelyyn, ohjelmointiin tai muuhun tietokoneharrastukseen. Vanhemmat vaikuttavat omalta osaltaan digitaalisen työskentelyn valmiuteen laitehankinnoillaan. Kotona käytettävät käyttöjärjestelmät (Windows, Linux, OS X) ja ohjelmistot tuovat keskittyneitä osaamisalueita.

Kokelaat, joilla on huono opettaja, ja joilla ei kannusteta kotona tietotekniikkaan, ovat helposti altavastaajia sähköisessä kokeentekemisessä, vaikka osaisivatkin kokeessa kysytyn aihealueen hyvin. Huonoista digitekniikkaan liittyvistä kokemuksista saattaa syntyä myös suuri aversio, jonka ylittäminen vaatii ylimääräistä kuormitusta.

6.3 Parannusehdotuksia sähköiseen opettamiseen

Itseluottamus tietotekniseen osaamiseen kasvaa ainoastaan digitaalisella työkentelyllä. Opettajan tietotekninen itseluottamus heijastuu opetuksen kautta ja mahdollistaa myös oppilaiden tv-taitojen kehittymisen. Opettajan oma vastuu korostuu, sillä heidän tulee olla luovia ja käyttää hyödyksi olemassa olevia laitteita ja sovelluksia parhaansa mukaan: Valmiiksi pureskeltuja digiopetuskokonaisuuksia ei opetusministeriö tarjoa. Ainoa maanlaajuinen digijärjestelmä opetuksessa on Digabi OS ja sen sisällä toimiva Abitti -koejärjestelmä.

Jos lukiot haluavat parantaa opiskelijoidensa tv-taitoja ja etenkin sähköistä koekentekemistä, tarvitaan konkreettisia koulun laajuisia yhtenäisiä strategiasuunnitelmia. TVT-opetus tulisi olla läsnä pakollisilla kursseilla ja myös ylläpitäisi jo olemassaolevia taitoja. Lukioden olisi hyödyllistä tehdä yhteistyötä korkeakoulujen kanssa esim. tarjoamalla ”tv-ajokortti” -kurssin kaltaista oppimateriaalia vapaasti saataville (Tuulosniemi, 2019).

Sähköisessä vastaamisessa oikeanlainen kielentäminen korostuu, jotta vastaavien korjaajien on helpompi seurata vastausta eheänä kokonaisuutena. Omia ratkaisuehdotusten väitteitä tulee perustella sanallisesti hyvin. Tämä pitää matematiikan lisäksi paikkansa myös fysiikan puolella. Lienee siis aiheellista, että fysiikan opettajat opettavat enemmän myös tällaisia metataitoja.

Yleinen toive kokelailta oli, että käyttöjärjestelmään itseensä tai abitti -koejärjestelmään itseensä lisättäisiin integroituja ”drag&drop” -valikoita, joiden avulla koevastaukseen voisi suoraan lisätä tiettyjä yleisimpiä visuaalisia objekteja (Tuulosniemi, 2019). On toivottavaa, että kokelailla tulisi kaikissa tilanteissa olla helppo mahdollisuus täydentää koevastauksiaan vapaamuotoisella käsinpiirtämisellä, esimerkiksi skannaamalla tai kuvaamalla suttupapereita.

Tehtävänantojen muotoilussa olisi parannettavaa, ja olisi suotavaa jos kokelaat ymmärtäisivät paremmin minkälaista digitaalista vastausformaattia heiltä odote-

taan. Välivaiheiden määrässä ei enää noudata samoja suosituksia kuin perinteisen kirjoittamisen aikana. Piirroskuvien pisteytyksestä tulisi laatia myös yleisempiä ohjesääntöjä (Tuulosniemi, 2019).

Kuvallisen ilmaisun opetus olisi mahdollista toteuttaa perinteiset ainerajat ylitäten. Tällä hetkellä on valitettavaa, että tv-taitojen kurssitasoinen opetus on sisällytetty pitkälti pelkästään valinnaisiin kursseihin. Hyödyllistä on, ettei visuaalinen kuvantuottaminen olisi täysin muusta substanssista irrallista puhumattaan siitä, että se jätettäisiin suurelta osin opiskelijoiden vapaa-ajan harrastuneisuuden piikkiin.

6.4 Jatkotutkimuksen kohteita

Keskeinen tarve on tuntuvasti kasvattaa tutkimusaineistojen suuruutta. Opetusministeriön tilaama pakollinen kaikkia lukiolaisia koskeva kartoitus digityöskentelyn tavoista ja huolenaiheista antaisi kaikista eniten hyödyllistä tietoa. Tällöin erityisesti vastaajien taustatekijöiden (ikä, sukupuoli, koulumenestys, harrastuneisuus jne.) korrelaatiota vastaustaipumuksiin olisi mahdollista tutkia parhaalla mahdollisella luotettavuudella. Muiden digitalisaatioon liittyvien tutkimusten valossa tilastollisesti merkittäviä eroja käytännöissä ja mieltymyksissä saattaa esiintyä myös Abitti -kokeiden teossa ja sen tutkiminen olisi arvokasta.

Opetusohjelmien käytettävyyden tutkimisessa olisi vielä lisäaihetta. YTL:n luoma integroitu kaavaeditori edusti selkeää reaktiota jo alkuvaiheessa koettuihin huolenaiheisiin vaikeasta matemaattisten kaavojen tuottamisesta. Nyt kysymys on, riittääkö nykyiset kuvantuotto-ohjelmat kaikille kokeilaille, vai pitäisikö jotain kuvantuottamisen työkaluja integroida myös suoraan Abitti -vastauskentän läheisyyteen.

Fysiikan sähköiset ylioppilaskokeet hakevat vielä muotoaan, mutta muutaman vuoden kuluttua tulee mahdolliseksi tilastoida keskimääräisiä tehtävätyyppejä ja nähdä niistä yleisimpiä ns. prototehtäviä. Jo nyt on esitetty hieman kritiikkiä tiettyjä aineistoa sisältäviä tehtäviä kohtaan. Aineistovideot ovat ehkä suurin ve-

denjakaja. Jos niiden huomionohjaus on puutteellinen, ei niiden voi sanoa tuovan lisäarvoa kokeen laatuun.

Åkerfeldtin suorittaman koetilanneanalyysin kaltaisia tutkimuksia tarvitaan enemmän. Olisi olennaista tutkia vielä eksaktimmin, miten lukio-opiskelijat vaihe vaiheelta suorittavat esimerkiksi fysiikan laskemista ja piirtämistä vaativan tehtävän. Jokainen toiminto ja siihen kuluva aika tulisi mitata. Jokainen oikoreitti ja pikanappula tulisi eritellä ja verrata muihin. Jokainen mietintätauko tulisi mitata, ja tulisi tehdä akateeminen arvaus sen suhteen, liittyykö tauko asiasisällön miettimiseen vai ohjelman käytön miettimiseen. Aloittelevilta ensimmäisen vuosikurssin opiskelijoilta voisi mitata jopa sykettä ja arvioida, nouseeko se koetun kognitiivisen kuormituksen kanssa.

Vain tutkimalla tarkkoja työstämisprosesseja saadaan kattava käsitys siitä, miten tehokasta sähköinen työskentely todellisuudessa on.

Lähteet

- Amadiou, F., Mariné, C., & Laimay, C. (2011). The attention-guiding effect and cognitive load in the comprehension of animations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.009>
- Anderson, J. L., & Barnett, M. (2013). Learning Physics with Digital Game Simulations in Middle School Science. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 914–926. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9438-8>
- Fluck, A. E. (2019). An international review of eExam technologies and impact. *Computers & Education*, 132, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.12.008>
- Georgieva, T., Gueorguiev, T., Kadirova, S., Evstatiev, B., & Mihailov, N. (2018). Analysis of Using Digital Learning Materials in Engineering Laboratory Courses. *Journal of Engineering Studies and Research; Bacau*, 24(1), 24–29.
- Haavisto, M.-L., & Oksama, L. (2007). Kognitiivisen kuormituksen arviointi: Esi-merkkinä hävittäjälentäjän tehtävä- ja kuormitusanalyysi. *Työ ja ihminen*, 21(1).
- Hagura, N., Haggard, P., & Diedrichsen, J. (2017). Perceptual decisions are biased by the cost to act. *eLife*, 6, e18422. <https://doi.org/10.7554/eLife.18422>
- Hietakymi, E. (2014). *Matematiikan sähköinen ylioppilaskoe ja Geogebra sen työvälineenä* (Pro Gradu). Helsingin yliopisto.
- Huttunen, J. (2017). *Kehittämistutkimus: TVT:n tehokas integrointi matematiikan digitaaliseen ylioppilaskokeeseen valmistautumisessa* (Pro Gradu). Jyväskylän yliopisto.
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2011). The role of spatial ability in learning from instructional animations – Evidence for an ability-as-compensator hypot-

- hesis. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.042>
- Ilomäki, L., & Lakkala, M. (2011). *Koulu, digitaalinen teknologia ja toimivat käytännöt*. Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28604>
- Kirschner, F., Kester, L., & Corbalan, G. (2011). Cognitive load theory and multimedia learning, task characteristics and learning engagement: The Current State of the Art. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.003>
- Kühl, T., Scheiter, K., Gerjets, P., & Edelman, J. (2011). The influence of text modality on learning with static and dynamic visualizations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.008>
- Laanpere, M., Pata, K., Normak, P., & Poldoja, H. (2014). Pedagogy-driven Design of Digital Learning Ecosystems. *Computer Science and Information Systems*, 11(1), 419–442. <https://doi.org/10.2298/CSIS121204015L>
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston (MA): AP Professional.
- Pakkanen, R. (2016). *Opetussuunnitelman muutos ja sen vaikutus Hämeen ammattikorkeakouluun tulevien opiskelijoiden tietotekniikkataitoihin* (Opinnäytetyö, AMK). Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Park, B., Moreno, R., Seufert, T., & Brünken, R. (2011). Does cognitive load moderate the seductive details effect? A multimedia study. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.006>
- Paukku, T. (2018). *"Jee! Mennään lukioon, saadaan läppärit": Lukion ensimmäisen luokan opiskelijoiden kokemuksia kannettavan tietokoneen käytöstä, käyttöön liittyvistä koetuista tuki- ja liikuntaelinoireista ja ergonomian toteutumisesta* (Pro Gradu). Jyväskylän yliopisto.
- Salmi, T. (2015). *Sähköinen ylioppilaskirjoitus ja sen vaikutus matematiikan opetukseen matematiikan opettajien näkökulmasta* (Pro Gradu). Helsingin yliopisto.

- Schwamborn, A., Thillmann, H., Opfermann, M., & Leutner, D. (2011). Cognitive load and instructionally supported learning with provided and learner-generated visualizations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.028>
- Sidorow, A. (2018). *Sähköisten ylioppilaskirjoitusten haasteet ja kokelaiden yhdenvertaisuus* (Opinnäytetyö, AMK). Turun Ammattikorkeakoulu.
- Sormunen, K.-M., & Lavonen, J. M. J. (2012). *Voinko tehdä tän puhelimella?* Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/233780>
- Sørensen, B. H., & Levinsen, K. T. (2015). Powerful Practices in Digital Learning Processes. *Electronic Journal of E-Learning: EJEL; Reading*, 13(4), 291–301.
- Tuulosniemi, S. (2019). *Elämää kynän ja paperin jälkeen—Ylioppilaskokelaan tekniset valmiudet tuottaa kuvia biologian ensimmäisessä digitaalisessa ylioppilaskokeessa keväällä 2018* (Opinnäytetyö, YAMK). Lahden Ammattikorkeakoulu.
- Wang, J.-Y., Wu, H.-K., Chien, S.-P., Hwang, F.-K., & Hsu, Y.-S. (2015). Designing Applications for Physics Learning: Facilitating High School Students' Conceptual Understanding by Using Tablet PCS. *Journal of Educational Computing Research*, 51(4), 441–458. <https://doi.org/10.2190/EC.51.4.d>
- Wells, A. T., & McCrory, R. (2011). Hypermedia and learning: Contrasting interfaces to hypermedia systems. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.036>
- Zhang, L., Ayres, P., & Chan, K. (2011). Examining different types of collaborative learning in a complex computer-based environment: A cognitive load approach. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.038>
- Zipf, G. K. (1949). *Human behavior and the principle of least effort*. Oxford, England: Addison-Wesley Press.

Åkerfeldt, A. (2014). Re-shaping of Writing in the Digital Age—A Study of Pupils' Writing with Different Resources. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 9(03), 172–193.

Kuvalähteet

- [1] Kuvakaappaus Lightbot -ohjelman perusnäkökymästä osoitteesta: <https://www.educationalappstore.com/images/screenshots/app9547/screen-shot-15.png>
- [2] Kuvakaappaus Supercharged! -pelin näkökymästä osoitteesta: <http://mcaste-learn.pbworks.com/w/page/27375695/Educational%20Games>
- [3] Abitti blogin kuvakaappaus Digabin työpöydästä siten, että Ti-Nspire -ohjelma on näkyvässä: http://www.abitti.fi/wp-content/uploads/2016/05/abitti_tinspire.png
- [4] wxMaximan Sourceforge -kotisivulta löytyvä demonstraatiokuva: <https://a.fs-dn.com/con/app/proj/wxmaxima/screenshots/296299.jpg>
- [5] Pinta -kotisivut: <https://pinta-project.com/pintaproject/pinta/> , kuva käyttötilanteesta osoitteessa <https://i2.wp.com/www.linuxlinks.com/wp-content/uploads/2017/12/Screenshot-Pinta.png>
- [6] Wikipedian esittämä demonstraatiokuva InkScapen työnäkökymästä ja luoduista objekteista: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Inkscape_0.48.2_with_librsvg_workarounds.svg
- [7] Dian käyttöesimerkki Ubuntussa: [https://www.ubuntu-user.com/Magazine/Archive/2013/19/Software-for-scientific-texts/\(offset\)/2](https://www.ubuntu-user.com/Magazine/Archive/2013/19/Software-for-scientific-texts/(offset)/2)
- [8] Logger Pron valmistajan Vernierin kotisivulta löytyvä demonstraatiokuva: https://www.vernier.com/images/magnify/figure.gps-bta._boyles.001.png
- [9] Kokeen järjestämisen tekniset vaihtoehdot ovat lueteltuna opetus-tv:ssä <https://polku.opetus.tv/node/887>
- [10] Huion 420 -piirtopöydän tuote-esittelysivusto: <https://www.huiontablet.com/420.html>
- [11] Creative Commons lisenssillä artikkelista (Hagura ym., 2017)

Liitteet

LIITE 1

Spesifisti Geogebra käytettävyydestä:

*Käyttäjärühmän tunteminen: Noin 30 000 ilmoittautuu matematiikan ylioppilaskokeisiin vuosittain. Fysiikkaan vastaavasti ilmoittautuu noin 8000. Tämän ryhmän harjaantuneisuus on vaihtelevaa, sillä lukiotutkimus on osoittanut, että osassa Suomen lukioita ei ole käytetty ollenkaan Geogebraa.

*Toiminnan analyysi: Geogebra pystyy tuottamaan sähköiselle YO -vastaamiselle relevantteja kuvia, kaavoja ja graafeja. Geogebra kaltaisten ohjelmien hyödyntäminen mahdollistaa perinteisten tehtävätyyppien muuttumisen. Sähköisillä työkaluilla, kuten Geogebralla, tehtäväjoukko voi sisältää enemmän tehtäviä, jotka ovat ”avoimia tutkimustehtäviä”, mittaavat konseptuaalista osaamista tai hyödyntävät suurempaa data-aineistoa. Lisäksi tulee mahdollista tuottaa esim. kaksi lähes samannäköistä kuvaa pienemmällä vaivalla. Koko laskutoimitusketju on nyt kopioitavissa suoraan vastaukseen, joten enää ei voi vedota sanalliseen ”laskimella saatu tulos” selitykseen. Tämän luulisi ainakin selventävän arviointiperiaatteita.

* Käyttäjän arviointi: Geogebraa ei ole eksplisiittisesti käyttänyt kaikki ylioppilaskokelaat, joten voi olla fiksumpaa arvioida yleistä tvt -eksperittisyyttä. Ohjelmien käyttäjärajapinnoissa on nimittäin jonkin verran poikkileikkausta ja toisesta ohjelmasta opittuja taitoja on helppo soveltaa seuraavaan käytettävään ohjelmaan. Toisin sanoen tiettyjä opittuja tehtäväratkaisun prosesseja voi hyödyntää uusissa asiayhteyksissä. Eksperttiyteen ei ole olemassa oikoreittejä; ainoastaan jatkuva ja usein tapahtuva käyttö harjoituttaa siihen.

* Heuristinen arviointi: Geogebraan päällimmäinen tunne oli se, että useat eri rinnakkaiset toimintomoodit (CAS, komentorivimoodi, jne...) ovat paikoitellen liian erillään ja kuitenkin sisältävät paljon yhteisiä keinoja ratkaista ongelmia. Lisäksi esimerkiksi CAS- ja taulukkomoodissa määritellyt objektit eivät aina siirry joh-

donmukaisesti piirtoalueelle. Kumoa- ja palauta -painikkeet eivät aina toimi johdonmukaisesti: Joskus kumoutuu pelkkä edellinen toiminto, mutta joskus kumoutuu kokonaisia syöttörivejä. "Redo" -komento ei myöskään toimi aina, sillä tietyt "kumoa" -toiminnot poistavat työvaiheita kokonaan muistista. Geogebrian lisäksi monissa vastaavissa ohjelmissa on pilkun ja pisteen ero desimaalin ilmoittajana epälooginen, ja joskus jopa vaihtuu eri konteksteissa mielivaltaisesti. Pudotusvalikot ovat laajoja ja niistä on helppo löytää alakategorioista useimmiten tarvittavat symbolit ja muut erikoismerkit.

LIITE 2. Kaikki Google Form -kyselylomakkeen kysymykset

Tutkimuskysely lukion fysiikan digitaalisesta kokeen tekemisestä OPS 2016 aikana

Kysely on anonymi ja vastauksia käytetään Helsingin yliopiston tutkimukseen. Pääpaino on potentiaalisessa kognitiivisessa kuormituksessa, joka kohdistuu fysiikan opiskelijaan hänen tehdessään digitaalisesti kurssikokeita ja sähköisiä ylioppilaskokeita.

Jos haluat täsmentää, lisätä tai kommentoida yleisellä tasolla vastauksiasi, voit lähettää palautetta sekä some-ketjussa että yksityisviesteinä: <https://www.reddit.com/user/Heittotutkija>

***Pakollinen**

1. Sukupuoli *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Mies
- ☐ Nainen
- ☐ Muu

2. Lukio, jossa opiskelet/opiskelit? *

3. Lukio-opintojeni vaihe: *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ 1. vuosi
- ☐ 2. vuosi
- ☐ 3. vuosi
- ☐ 4.+ vuosi
- ☐ Aikuislukio

4. Mikä oli 9. luokan arvosanasi fysiikassa? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10

5. Olen käynyt tai käyn juuri nyt seuraavat fysiikan kurssit: *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- ☐ FY01 Fysiikka luonnontieteinä
- ☐ FY02 Lämpö
- ☐ FY03 Sähkö
- ☐ FY04 Voima ja liike
- ☐ FY05 Jaksollinen liike ja aallot
- ☐ FY06 Sähkömagnetismi
- ☐ FY07 Aine ja säteily

6. Oletko osallistunut fysiikan sähköiseen ylioppilaskokeeseen? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Kyllä, syksyllä 2018
- ☐ Kyllä, keväällä 2019
- ☐ Kyllä, molemmilla kerroilla
- ☐ En

7. Tyypillisellä lukion fysiikan tunnilla minulla on ollut käytössä *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- ☐ Kannettava tietokone
- ☐ Älypuhelin
- ☐ Tabletti
- ☐ Kirjoitusvälineet (ml. vihkot)
- ☐ Fyysinen oppikirja
- ☐ Laskin erillisenä laitteena
- ☐ Muu: _____

8. Miten arvioisit työergonomiasi sähköisiä kokeita tehdessäsi? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Niska- ja selkäkipuja usein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ei aiheudu fyysisiä ongelmia

9. Miten arvioisit oman osaamisesi tietotekniikan suhteen ylipäänsä? *

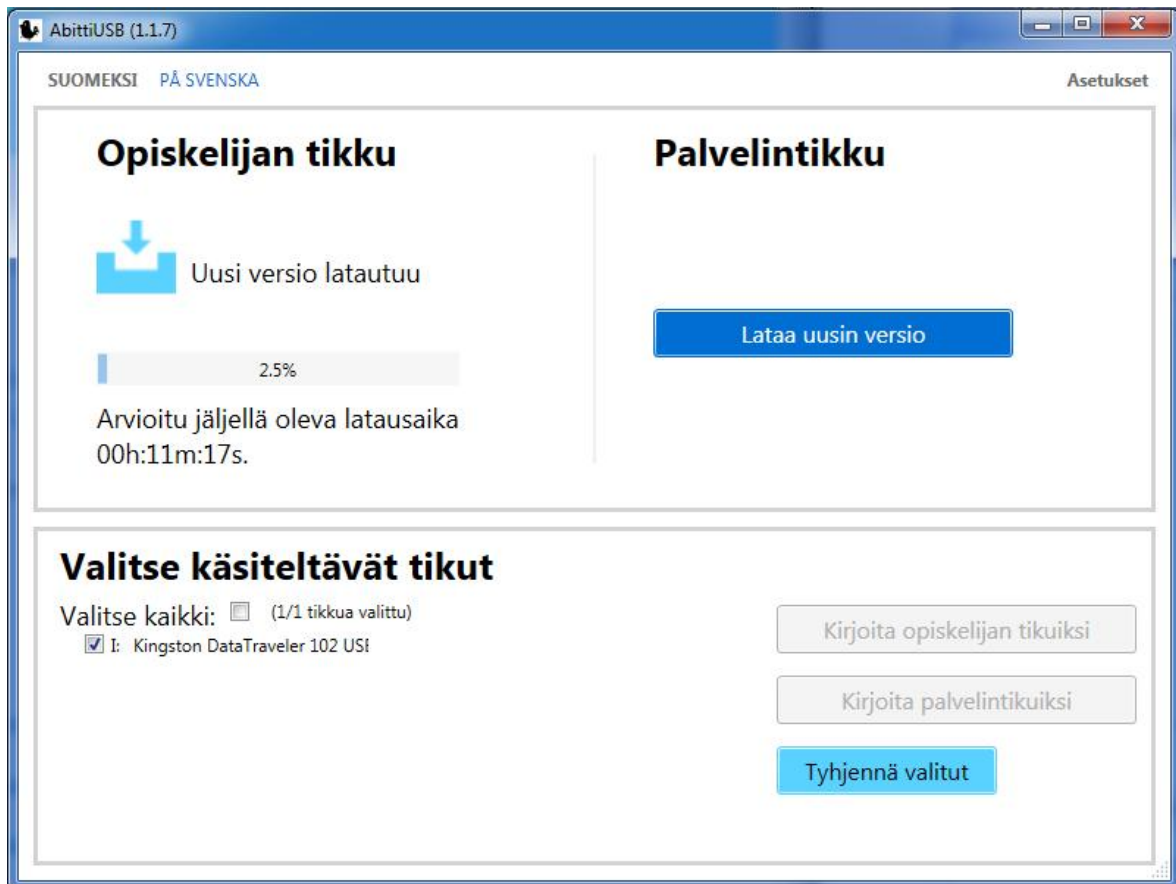
Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
On selviä vaikeuksia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sujuu oma-aloitteisesti

Kokemukset Digabi -käyttöjärjestelmästä

Digabi -käyttöjärjestelmä pohjautuu Linux Debianiin ja on suunniteltu lukioden sähköisten Abitti-kokeiden tekemiseen. Se käynnistetään ulkoiselta USB-tikulta ja sisältää joukon vapaasti käytettäviä apuohjelmia. Tässä osiossa kartoitetaan Digabi -käyttöjärjestelmään liittyviä toimintatapoja ja kokemuksia.

Kuva 1. Digabi OS:n asennus tikulle



10. Oletko harjoitellut Digabi -käyttöjärjestelmän käyttöä kotonasi? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Kyllä
- ☐ En

11. Jos olet kokenut vaikeuksia Digabin asentamisessa tai käynnistämisessä, kuvaile niitä tähän:

12. Miten arvioisit Digabin äänijärjestelmän toimimisen? *

Merkitse vain yksi soikio.

1 2 3 4

Mittavia ongelmia ja usein ☐ ☐ ☐ ☐ Toimii tarkoituksenmukaisesti

13. Miten arvioisit Digabin nettiyhteyden toimimisen? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	
Mittavia ongelmia ja usein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Toimii tarkoituksenmukaisesti

14. Mitä ohjelmaa käytät useimmiten apukirjoittamiseen (esim. muistiinpanot, **suttukirjoittaminen**) Digabissa? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ LibreOffice Writer
- ☐ LibreOffice Impress
- ☐ Mousepad
- ☐ 4f-Vihko

15. Mitä ohjelmaa käytät useimmiten vapaamuotoiseen kuvien piirtämiseen (esim. **fysikaaliset kappaleet, kentät ja voimanuolet** etc.) ? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ LibreOffice Draw
- ☐ Dia
- ☐ GIMP
- ☐ Inkscape
- ☐ Pinta

16. Mitä ohjelmaa käytät useimmiten matemaattiseen ("numeeriseen") laskemiseen? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ LibreOffice Calc
- ☐ Geogebra
- ☐ KCalc
- ☐ wxMaxima
- ☐ ClassPad
- ☐ TI-Nspire
- ☐ 4f-Vihko

17. Jos kirjoitat fysiikan kokeen vastaukseesi kaavojen ratkaisua, millä ohjelmalla tuot **kaavamerkinnot** koevastaukseesi? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Pystyn kirjoittamaan ratkaisuyritykseni suoraan koevastaukseen
- ☐ LibreOffice Math
- ☐ 4f-Vihko
- ☐ TI-Nspire
- ☐ ClassPad
- ☐ Muu: _____

18. Mitä ohjelmaa käytät data-aineistotehtävissä (esim. datapisteiden perusteella tehtävä interpolaatiosuora, kulmakertoimen laskeminen etc)? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ LibreOffice Calc
- ☐ Logger Pro
- ☐ Geogebra
- ☐ Ti-Nspire
- ☐ ClassPad
- ☐ Muu: _____

19. Miten arvioisit digitaalisen MAOL -taulukon käyttämiskokemuksen?

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	
Hankala käyttää	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Kätevä ja vaivaton

20. Halutessasi täsmennä tähän MAOL -taulukoiden hyviä ja/tai huonoja puolia

21. TÄRKEÄ: Pystytkö digitaalisessa tuntityöskentelyssäsi keskittymään koko ajan olennaiseen? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	6	
En juuri ollenkaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Käytännössä aina

22. Muu yleinen palaute Digabi -käyttöjärjestelmästä

Fysiikan Abitti -kurssikokeet ja sähköiset ylioppilaskokeet

Tässä osiossa tarkastellaan lukion fysiikan sähköisiä kurssi- ja ylioppilaskokeita, jotka noudattavat Abitti -koejärjestelmää. Tarkoitus on selvittää, miten laadukkaiksi sähköiset kokeet koetaan, ja millaista kognitiivista kuormitusta liittyy sähköisten kokeiden suorittamismetodiin.

23. Valmistaudun kokeeseen lukemalla mieluummin... *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Kirjasta
- ☐ Digimateriaalista

24. Mikä oppimateriaali sinulla on käytössä (painettu tai digitaalinen)? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Avain (Otava)
- ☐ Empiria (Otava)
- ☐ Fotoni (Otava)
- ☐ Fysiikka (Sanoma Pro)
- ☐ Physica (Sanoma Pro)
- ☐ Resonanssi (Oppi)
- ☐ Tabletkoulu
- ☐ Watti (Otava)
- ☐ Muu: _____

25. Miten arvioisit koulusi sähköisen koejärjestelyn tason? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Toistuvia ongelmia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ei ongelmia

26. A1) Miten arvioisit Fysiikan kurssikokeiden sanallisten tehtävien laadun koulussasi? *

Merkitse vain yksi soikio.

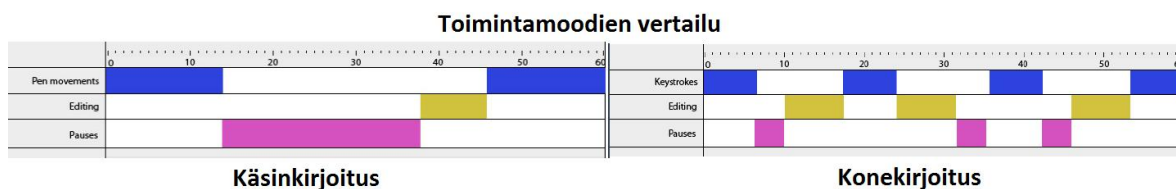
	1	2	3	4	5	
Vaikeaselkoisia tai epäasianmukaisia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Asianmukaisia

27. A2) Miten paljon koet fysiikan sanallisten tehtävien teossa kuormitusta, joka liittyy digitaaliseen työstämistapaan? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	
Ei kuormita ollenkaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Kuormittaa haittaavasti

Kuva 2. Moodeihin kulunut aika: Kirjoitus, muokkaus ja tauko



28. A3) Koetko kuvan 2 tavoin, että pidät enemmän taukoja kirjoittaessasi digitaalisesti? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Kyllä
- ☐ En, taukoja saman verran
- ☐ En, enemmän taukoja käsinkirjoittaessa

29. **A4) Jos muokkaat digitaalisesti tekstiä usein, tuntuuko että muokkaaminen itsessään on osa ajatuksenvirtaa?**

Merkitse vain yksi soikio.

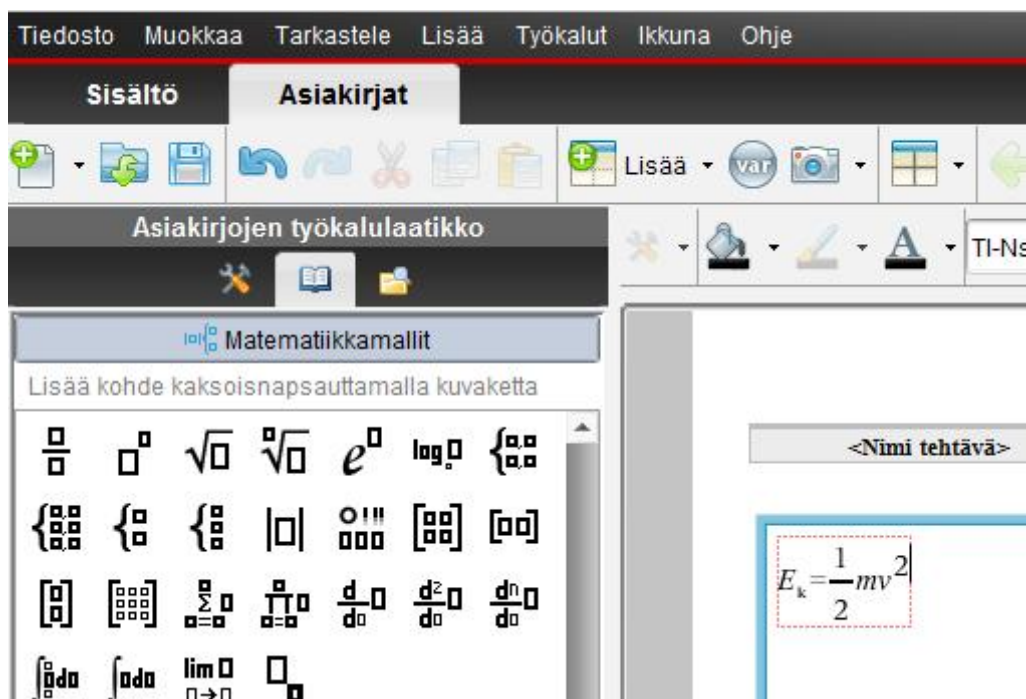
- ☐ Kyllä
- ☐ Ei
- ☐ En osaa sanoa

30. **A5) Vapaasti valittuna tekisin fysiikan kokeen sanalliset tehtävät mieluiten... ***

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Lyijykynällä
- ☐ Digitaalisesti kirjoittaen

Kuva 3. Esimerkki digitaalisesta kaavakirjoituksesta



31. **B1) Miten arvioisit fysiikan sähköisten kokeiden laskutehtävien* laatua koulussasi? ***

*Laskutehtävät = Tehtävät, jotka vaativat kaavojen kirjoittamista ja johtoa

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Vaikeaselkoisia ja/tai epäasianmukaisia						Asianmukaisia

32. **B2) Miten paljon koet fysiikan laskutehtävissä kuormitusta, joka liittyy digitaaliseen työstämistapaan? ***

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Ei kuormita ollenkaan					Kuormittaa haittaavasti

33. B3) Jos käytät ohjelmaa, joka sisältää symbolisen kaavaeditorin*, miten arvioisit sen käytettävyyden?

* Valikko, josta valitset visuaalisesti sellaisia matemaattisia symboleja käyttöön, joita ei voi suoraan kirjoittaa näppäimistöllä (esim. jakoviiva, neliöjuuri)

Merkitse vain yksi soikio.

1

2

3

4

Hidas ja kömpelö

Nopea ja vaivaton

34. B4) Jos käytät ohjelmaa, joka tukeutuu ohjelmointisyntaksiin*, miten arvioisit sen käytettävyyden?

* Saat kaikki matemaattiset merkinnät kirjoitettua erillisillä komennoilla

Merkitse vain yksi soikio.

1

2

3

4

Hidas ja kömpelö

Nopea ja vaivaton

35. B5) TÄRKEÄ: Miten paljon aikaa kuluu fysiikan kaavojen digitaaliseen kirjoittamiseen verrattuna käsinkirjoittamiseen? *

Merkitse vain yksi soikio.

Digitaalinen tapa on nopeampi

Sama nopeus kummassakin

Käsinkirjoittaminen on nopeampaa

36. B6) Jos saisın vapaasti valita, tekisin fysiikan kokeen laskutehtävät seuraavalla menetelmällä: *

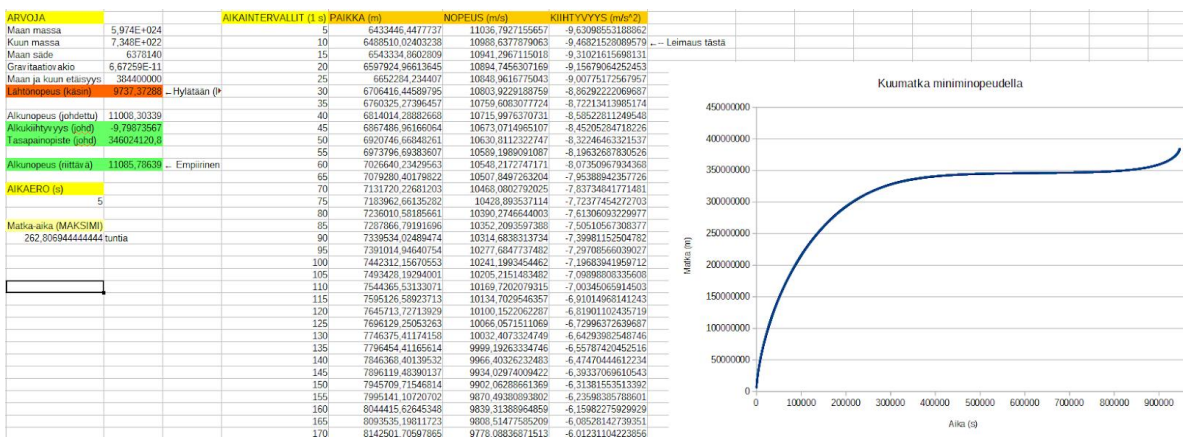
Merkitse vain yksi soikio.

Digitaalinen kirjoitus + laskeminen Digabin omalla ohjelmalla

Digitaalinen kirjoitus + erillinen fyysinen laskin

Käsinkirjoitus + erillinen fyysinen laskin

Kuva 4. Esimerkki data-aineistosta ja analyysistä



37. C1) Miten arvioisit data-aineistotehtävien* laatua koulusi fysiikan kokeissa? *

*Data-aineistotehtävät = Sisältävät useimmiten mittauspisteitä, jotka pitää sijoittaa akseleille ja joista pitää tehdä analyysiä

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Kelvottomia tai vaikeita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Asianmukaisia

38. C2) Miten paljon koet data-aineistotehtävissä kuormitusta, joka liittyy data-analyysiohjelmien (Calc, Logger Pro) käyttöön? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	
Ei kuormita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Kuormittaa haittaavasti

39. C3) Tekisin data-aineistotehtävät mieluummin... *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Digitaalisesti
- ☐ Käsinkirjoittamalla

40. C4) Miten paljon fysiikan kokeiden aineistovideot* antavat mielestäsi lisäarvoa? *

*Aineistovideo = Esimerkiksi infrapunakameralla kuvattu esineen lämpeneminen

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Täysin yhdentekeviä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Havainnollistavat hyvin tehtäviä

41. D1) Miten paljon digitaalinen työskentelytapa ylipäänsä aiheutti ylimääräistä kuormitusta fysiikan Abitti-kokeissa? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	6	
Ei kuormittanut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Kuormitti haittaavasti

42. D2) Miten hyvin pystyit fysiikan Abitti-kokeissa keskittymään olennaiseen, eli kokeeseen vastaamiseen? *

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	6	
Keskittyminen oli vaikeaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Keskittyminen oli vaivatonta

48. E4) Jos kevään 2019 fysiikan yo-kokeessa oli mielestäsi jokin tehtävä, joka erottautui digitaalisessa työskentelytavassa huonolla tavalla, mainitse se tähän:

49. E5) Miten paljon digitaalinen työskentelytapa aiheutti ylimääräistä kuormitusta fysiikan sähköisessä ylioppilaskokeessa?

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	6	
Ei kuormittanut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Kuormitti haittaavasti

50. E6) Miten hyvin pystyit fysiikan sähköisessä ylioppilaskokeessa keskittymään olennaiseen, eli yo-kokeeseen vastaamiseen?

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	6	
Keskittyminen oli vaikeaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Keskittyminen oli vaivatonta

Muut kommentit liittyen fysiikan opiskeluun uudessa opetussuunnitelmassa

Tässä osiossa voi vapaasti kommentoida OPS2016 -mukaista fysiikan opiskelua lukiossa

51. (Vastaa vain, jos olet käynyt kaikki 7 fysiikan kurssia) Minkälainen kokonaiskuva fysiikasta sinulle on jäänyt lukiossa opiskelusta?

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Kokonaisvaltainen ja kattava
- ☐ Vain pieniltä osin puutteellinen kuva
- ☐ Epätasainen; jotkut fysiikan osiot paljon paremmin hallussa kuin toiset
- ☐ Täysin hajanainen käsitys fysiikasta

52. Minkälaisen valmiuden fysiikan OPS2016 on antanut sinulle jatko-opiskelua varten?

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Ei luottoa omaan pohjaosaamiseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Pohjaosaaminen riittävä

53. Muu palaute uudesta opetussuunnitelmasta ja fysiikan digioppimisesta:

